

**IV SIMPOSIO INTERNACIONAL DE
SISTEMAS DE INFORMACIÓN E
INGENIERÍA DE SOFTWARE EN LA
SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO**

SISOFT2006

VOLUMEN I

**Cartagena de Indias, Colombia
23, 24 y 25 de Agosto de 2005**

www.sisoftw.com

**Editor
Luís Joyanes Aguilar**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE SALAMANCA
(CAMPUS MADRID)**

FUNDACIÓN PABLO VI

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LAS AMÉRICAS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE PERÚ

IV SIMPOSIO INTERNACIONAL DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN E INGENIERIA DE SOFTWARE EN LA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, su tratamiento informático, la transmisión de ninguna otra forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del copyright.

DERECHOS RESERVADOS © 2006

Universidad Pontifica de Salamanca (España)
Fundación Pablo VI (España)
Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia)
Instituto Tecnológico de las Américas (ITLA, República Dominicana)
Pontificia Universidad Católica del Perú (Perú)

ISBN: 84-690-0258-9

Editor:

Luís Joyanes Aguilar (FI/UPSAM, España)

Adjuntos al Editor:

Víctor Hugo Medina García (FI/UDFJC, Colombia)
Javier Parra Fuente (FI/UPSAM, España)
Oscar Sanjuán Martínez (FI/UPSAM, España)
Daniel Zapico Palacio (FI/UPSAM, España)
Juan Manuel Lombardo Enríquez (FI/UPSAM, España)

Edita:

Universidad Pontifica de Salamanca campus de Madrid (España)
Fundación Paulo VI, Madrid (España)
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá (Colombia)

IMPRESO EN BOGOTÁ (COLOMBIA)

DIRECCIÓN DEL SIMPOSIO

- **Dr. Luis Joyanes Aguilar** (Presidente) (UPSAM, España)
- **Dr. Víctor Hugo Medina García** (Director Ejecutivo) (U. Distrital F.J.C., Colombia)

COMITÉ DE PROGRAMA PERMANENTE (STEERING COMMITTEE)

- **Dr. Luis Joyanes Aguilar** (Presidente) (UPSAM, España)
- **Dr. Victor Hugo Medina García** (Director Ejecutivo) (UDFJC, Colombia)
- **Msc. José Armando Tabares** (ITLA, Rep. Dominicana)
- **Dr. Juan Manuel Cueva** (U. Oviedo, España)
- **Dr. Maynard Kong** (PUCP, Perú)
- **Dr. Javier Parra Fuente** (UPSAM, España)

COMITÉ DE HONOR

- **Excmo. y Sr. Magnífico D. Marceliano Arranz Rodrigo** (Rector UPSA -España)
- **Excmo. y Rvdo. Sr. D. Fernando Sebastián Aguilar** (Presidente Fundación Pablo VI - España)
- **Excmo. y Rvdo. Sr. D. Ángel Berna Quintana** (Director General Fundación Pablo VI - España)
- **Excmo. Sr. Magnífico D. Ricardo García Duarte** (Rector UDFJC - Colombia)
- **Excmo. Sr. Magnífico D. Rafael Peña Suesca** (Decano Facultad de Ingeniería UDFJC - Colombia)
- **Excmo. Sr. Magnífico D. Germán Sierra Anaya** (Rector Universidad de Cartagena - Colombia)
- **Don Luis Eduardo Garzón** (Alcalde Mayor de Bogotá - Colombia)

COMITÉ DE ORGANIZACIÓN (EUROPEO)

- **Dr. Juan Manuel Lombardo** (Coordinador General) (UPSAM, España)
- **Dr. Javier Parra** (Org. Técnica) (UPSAM, España)
- **Dr. Oscar Sanjuán Martínez** (Org. Técnica) (UPSAM, España)
- **DEA. Daniel Zapico Palacio** (Org. Técnica) (UPSAM, España)
- **Lic. Teresa Díez** (UPSAM, España)
- **Raquel Ureña** (UPSAM, España)

COMITÉ DE ORGANIZACIÓN (COLOMBIANO)

- **Dr. Víctor Hugo Medina García** (Coordinador) (UDFJC)
- **Dr. Jairo Torres Acosta** (UDFJC)
- **Dr. Nelson Pérez Castillo** (UDFJC)
- **Ing. Msc. Anselmo Vega Vega** (UDFJC)
- **Ing. Msc. Edmundo Vega Osorio** (UDFJC)
- **Ing. Giovany Tarazona Bermúdez** (UDFJC)
- **Ing. Beatriz Jaramillo** (UDFJC)
- **Ing. Alexis Ortiz Morales** (UDFJC)
- **Ing. Carlos Andrés Torres** (UDFJC)
- **Ing. Carlos Eduardo Vargas** (UDFJC)
- **Ing. Jesús Guzmán** (UDFJC)
- **Ing. Diana Ahumada** (UDFJC)

COMITÉ DE CO-ORGANIZACIÓN (COLOMBIANO)

- **Ing. Msc. Alfonso Pérez Gama** (ACCIO)
- **Ing. Msc. Pedro Guardela** (U. Cartagena)
- **Ing. Msc. Julio César Rodríguez Ribón** (U. Cartagena)
- **Ing. Msc. David Antonio Franco Borré** (U. Cartagena)
- **Ing. Msc. Miguel Ángel García Bolaños** (U. Cartagena)
- **Ing. Msc. Isaac Zúñiga Silgado** (U. Tecnológica de Bolívar)
- **Ing. Msc. Juan Antonio Contreras** (Corporación Universitaria Rafael Núñez)

COMITÉ DE ORGANIZACIÓN (DOMINICANO)

- **Ing. José Armando Tabares** (Director Ejecutivo, ITLA)
- **Lic. Quinta Ana Pérez** (Secretaría técnica, ITLA)

COMITÉ DE ORGANIZACIÓN (PERUANO)

- **José Antonio Pow-Sang** (PUCP)
- **Ing. Abraham Dávila** (PUCP)

COMITÉ INTERNACIONAL DE APOYO

- **MSc. Oscar Mendoza Macías** (ESPOL, Ecuador)
- **MSc. Jorge Huayahuaca** (TC3, EE.UU.)
- **MSc. Ernesto Ocampo** (U. Católica de Uruguay)
- **MSc. Juan Estanis** (Argentina)
- **Dr. Arturo Fernández** (TEC de Monterrey, México)
- **Ing. Jorge Torres** (TEC de Monterrey, México)
- **MSc. Inmaculada Madero** (UNAPEC, República Dominicana)
- **MSc. Miguel Cid** (INTEC, República Dominicana)
- **MSc. Luz Mayela Ramirez** (U. Católica de Colombia)
- **MSc. Jesús Cardona** (U.A. de Cali, Colombia)
- **MSc. Elmer González** (UPAO, Perú)
- **Ing. José Fernando Baquero Herrero** (CIATEQ, México)

COMITÉ DE PROGRAMA

- **Dr. Luís Joyanes Aguilar** (Presidente) (UPSAM, España)
- **Dr. Álvaro Suárez** (ULPGC, España)
- **Dr. Angel Egido** (U. Catholique d'Angers, Francia)
- **Dr. Ángel Losada** (UPSA, España)
- **Dr. Arturo Ribagorda** (UC3M, España)
- **Dr. Darío Álvarez** (UNIOVI, España)
- **Dr. David Olivieri** (UV, España)
- **MSc. Esteban Bolondi** (U. Católica de Colombia)
- **Dr. Francisco Rubio** (ULPGC, España)
- **Dr. Gustavo Rossi** (U de la Plata, Argentina)
- **Dr. Javier Bustamante** (UCM, España)
- **Dr. Javier Segovia** (UPM, España)
- **Dr. Javier Nó** (UPSA, España)
- **Dr. Jean Pierre Boutinet** (U. Catholique d'Angers, Francia)
- **Dr. Jesús de la Cruz Escotto**, (USAC, Guatemala)
- **Dr. José R. García-Bermejo** (USA, España)
- **Dr. José Ramón Pin** (IESE- Madrid, España)
- **Dr. Juan Manuel Corchado** (USA, España)
- **Dr. L. Alfonso Ureña López** (UJAEN, España)
- **Dr. Luis Rodríguez Baena** (UPSAM, España)
- **Dr. Manuel Maceiras** (CISTEC, España)
- **Dra. Matilde Fernández** (UPSAM, España)

- **Dra. Mercedes Caridad** (UC3M, España)
- **Dr. Miguel Katrib** (U. de la Habana, Cuba)
- **Dr. Nelson Pérez Castillo** (UDFJC, Colombia)
- **Dr. Sebastián Dormido** (UNED, España)
- **Dr. Víctor Martín García** (UPSAM, España)
- **Dr. Santos Gracia** (Fundación Universitaria Iberoamericana)
- **Ing. Mag. Abraham Dávila** (PUCP, Perú)
- **MsC. Ernesto Ocampo Edye** (UCU, Uruguay)
- **Ing. Carlos M. Fernández** (Aenor, UPSAM, España)
- **Ing. David La Red Martínez** (UNN, Argentina)
- **Dr. Mateo Valero** (BSC, España)
- **Dr. José Antonio Moreira** (UC3M, España)
- **Dr. Mario Piattini** (UCLM, España)
- **Dr. Fernando Martín** (UM, España)
- **Dra. Teresa Peña** (UB, España)
- **Ing. Fernando Davara** (UPSA, España)
- **Ing. Miguel Rego** (ASIMELEC, España)
- **Dr. Víctor Hugo Medina** (UDFJC, Colombia)
- **DEA. Jorge Torres** (TEC, México)
- **Dr. Vidal Alonso Secades** (UPSA, España)
- **Dr. Alfonso López Rivero** (UPSA, España)
- **Ing. Fernando Curi** (UADY, México)
- **Dr. Manuel Pérez Cota** (U.Vigo, España).
- **Dr. Javier Ariza** (U. Jaén, España)

CONTENIDO

PROLOGO

AUDITORÍA..... 12

Defining, Performing and Maintaining Software Measurement Programs: State of the Art..... 13

BIOINFORMÁTICA 24

Redes neuronales para la predicción de proteínas..... 25

Clasificación Automática Sensible al costo para la Detección de Neuropatías Periféricas Focales..... 39

COMERCIO ELECTRÓNICO 47

Modelo Arquitectónico Neutral Para la Interoperabilidad de Plataformas de Gestión del Aprendizaje 48

CERTILOC: un mecanismo seguro para m-Marketing y Comercio electrónico basados en servicios de localización 58

EDUCACIÓN 69

E-Learning y Espacios Colaborativos..... 70

Estudio de viabilidad de la aplicación de Sistemas de Recomendación a entornos de e-learning 77

Las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones y los modelos integrados en la Educación – Combatir el fracaso en Enseñanza y tornarlos más eficaces en su aplicación 85

Metafora de aula de clase como ambiente virtual en el proceso enseñanza-aprendizaje 99

Un Proceso Ágil para el Mejoramiento de Procesos de Desarrollo de Software para PYMES – Agile SPI – Process. 108

INDUSTRIA DEL SOFTWARE 116

Utilización de las tecnologías de Información en el aula 117

Pruebas en Programación Extrema 126

Migra-T: Una Herramienta para Migrar Procedimientos Almacenados sobre Múltiples Motores de Base de Datos Relacionales Comerciales 136

Calidad de Productos de Software: Un estado del arte de la medición 145

Incorporación de medidas en el modelo de procesos para la industria de software MoProSoft..... 153

Prototipo de Software para el preprocesamiento de datos “UD-Clear” 167

Un enfoque pragmático para aplicar tecnologías de análisis estático a la calidad del software 185

INGENIERÍA DEL SOFTWARE 194

Business Activity Monitoring y Business Rules para el Manejo de Excepciones en las Políticas en un sistema de Gestión de Procesos de Negocios. Estado del -Arte 195

Hacia un Nuevo Paradigma de Acceso: El Acceso Local Comunitario..... 204

Flexible Querying of XML Knowledge Base through the MIEL Language..... 212

La Reutilización del Conocimiento en Ambientes de Desarrollo de Software 221

Sistema para el etiquetado de discursos orales aplicado al nuevo sistema acusatorio penal..... 230

Integración de las actividades de Staff a WS-BPEL. Estado del Arte..... 241

Evolución de las metodologías de desarrollo de software a las orientadas a agentes 249

La Granja Integral, una Aplicación de Empresa Basada en Conocimientos 262

Generación de Mapas de Conocimiento Organizacionales a partir de instancias de procesos basadas en el Lenguaje de Ejecución de Procesos de Negocios (BPEL).....	272
INGENIERÍA MULTIMEDIA Y REALIDAD VIRTUAL	281
Desarrollo de un sistema de captura de movimiento para interacción en entornos virtuales	282
Diseño, Construcción e Implementación de una Consola de Efectos Digitales para Guitarra Eléctrica (Contemporánea) Mediante Software en Tiempo Real.....	289
INTELIGENCIA DE NEGOCIOS Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	298
Redes Neuronales Artificiales Una Aplicación A La Tasa De Cambio Nominal	299
Nuevas formas en la captura de datos para la Gestion Documental.....	316
El conocimiento tácito en la mejoría continúa de los proyectos	323
Captura de Necesidades en la Dirección y Gestión del Capital Intelectual.....	331
LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN Y NUEVOS PARADIGMAS DE LA INGENIERÍA DEL SOFTWARE.....	339
Extensión de los lenguajes orientados a objetos con mecanismos de recuperabilidad dirigidos por anotaciones.....	341
Hacia un Marco de Trabajo para la Definición de Procesos de Desarrollo de Software; Framework-PDS.....	353
Una recomendación para la implantación de SOA (Service Oriented Architecture) en un contexto de Negocio Bajo Demanda	365
RESPONSABILIDAD SOCIAL CORPORATIVA.....	373
La RSC como estrategia de negocio en las empresas tecnológicas.....	374
SEGURIDAD INFORMÁTICA Y PROTECCIÓN DE SISTEMAS.....	390
Diseño De Un Sistema De Seguridad De Informacion Con JCE Que Permita Asegurar El Tráfico De Información Entre Un SGBDR y Sus Clientes En Una Intranet Pequeña.	391
Metodología para la recolección y análisis de evidencia digital	399
SERVICIOS E INGENIERÍA WEB	410
Construcción de Servicios Web para el Sistema de Información Ambiental de Colombia.....	411
Servicio Web Semántico aplicado a los Modelos Digitales de Terreno.....	421
Modelo de gestión para procesos académico administrativos, en ambientes educativos flexibles, aplicando tecnologías de la Web semántica.	427
SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (GIS).....	435
Arquitectura distribuida para el descubrimiento de conocimiento y minería de datos geográficos en imágenes.....	436
SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN Y DEL CONOCIMIENTO	445
Una Aplicación a la Sociedad del Conocimiento: Metro Ethernet.....	446
Gestión del Conocimiento y Estructura Empresarial en una Organización Estudiantil Sin Animo de Lucro.....	457
Una Propuesta para la Evaluación de Grupos de Investigación, Desarrollo e Innovación mediante 3 variables: Motivación, Conocimientos y Gestión.....	464
Una revisión de las técnicas relacionadas con la Inteligencia Artificial y la Composición Musical Asistida por Ordenador (CAO)	472
Modelo de Gestión del Conocimiento en las Pymes Colombianas	484
Redes Ópticas: Una Aplicación para la Sociedad del Conocimiento	497

Auditoría de Conocimiento en una Pyme Colombiana - Un caso de estudio.....515

PRÓLOGO

Una breve reseña histórica de SISOFT

En Agosto de 2001, las universidades Pontificia de Salamanca (*campus* Madrid, España) y la Distrital Francisco José de Caldas (Bogotá, Colombia) junto con la Fundación Pablo VI (Madrid, España) organizaron el primer SISOFT en la ciudad de Bogotá. En el mes de Agosto de 2006 se cumplen cinco años, 3 ediciones realizadas y la 4ª edición que ahora celebramos. Bogotá, Lima, Santo Domingo y Cartagena de Indias son las cuatro ciudades donde se ha organizado y celebrado el Simposio de Ingeniería de Software y Sistemas de Información. En estos cinco años, la Ingeniería de Software, los Sistemas de Información y la ya madura Sociedad de la Información y la naciente Sociedad del Conocimiento, han evolucionado considerablemente en paralelo con las grandes innovaciones tecnológicas. SISOFT ha tratado de adaptarse a todos estos grandes cambios y prueba de ello son los dos volúmenes publicados del actual Libro de Actas.

Cuando en el año 2000, las universidades fundadoras decidieron poner en marcha un congreso internacional que pudiera servir de puente entre Europa y Latinoamérica, y en particular entre España y Colombia como países organizadores, en áreas de futuro en el mundo del software, se pensó que dada la dificultad y el gran reto que suponía su organización, deberíamos de organizarlo con espíritu de continuidad y con una periodicidad bianual. Así y tras el éxito del primer simposio, en Agosto del 2001, la Pontificia Universidad Católica de Perú en Lima, asumió el nuevo reto de organización del II Simposio que se celebró en Agosto de 2003, ya con una gran expansión en las zonas geográficas de Latinoamérica y Europa; en 2005, el Instituto Tecnológico de las Américas (ITLA) de Santo Domingo en la República Dominicana, asumió la organización de la tercera edición, donde ya su carácter internacional quedó totalmente asentado, con la incorporación de ponentes y conferenciantes de numerosos países americanos y europeos. Esta circunstancia llevó al Comité Fundador a pensar en el cambio de periodicidad y de este forma se ha pasado del carácter bianual al carácter anual, y la celebración en 2006 en la histórica, universitaria y hermosa ciudad de Cartagena de Indias, en el Caribe colombiano. El generoso apoyo de las universidades locales hizo que las actuales cinco entidades internacionales, que forman el Comité Organizador apostaran decididamente por una nueva organización que permitiera mostrar durante sus jornadas, los actuales cambios producidos en la media década pasada en las áreas citadas y en los temas fundamentales del simposio.

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas con la Universidad Pontificia de Salamanca han asumido de nuevo el gran reto que suponía la periodicidad anual con un programa del Simposio que contemple los ámbitos científicos, académicos, profesionales, económicos junto con el estudio de las innovaciones tecnológicas que ya han impactado en la primera mitad de esta década, y sin duda ya están afectando y afectarán, al menos, a la segunda mitad, también, de esta década.

El Comité Fundacional desea agradecer el esfuerzo científico e investigador de la Universidad Distrital, las universidades locales de Cartagena, que han apoyado el Simposio, y en general de las numerosas universidades colombianas, restantes latinoamericanas y europeas que lo apoyan de una u otra forma. De igual manera desea agradecer al resto de instituciones, organizaciones y empresas que de una u otra forma colaboran en el éxito del Simposio.

La cuarta edición de SISOFT presenta las innovaciones tecnológicas y el estado actual de la investigación en las áreas de *Ingeniería de Informática* e *Ingeniería de Sistemas*, y en particular en Ingeniería de Software y en Sistemas de Información. Las comunicaciones aceptadas, junto con las conferencias magistrales, plenarias, talleres, seminarios, mesas redondas (paneles), mostrarán durante los tres días del Simposio, los temas más relevantes y candentes presentados por investigadores, docentes, profesionales, estudiantes de doctorado y maestría, etc., y una muestra del estado del arte en los temas centrales del mismo.

El contenido

Los dos volúmenes publicados recogen las casi ochenta comunicaciones aceptadas –de las más de cien presentadas- y que serán defendidas durante las sesiones del Simposio. Los artículos que se presentan en ambos volúmenes y las conferencias plenarias y magistrales que se impartirán tratarán sobre temas tan variados e innovadores como los siguientes:

- Nuevas metodologías de Ingeniería de Software y Sistemas de Información
- Arquitecturas *hardware*
- Supercomputadores
- Sistemas de Información Geográfica (GIS)
- Metodologías de Gestión de Proyectos como ITIL, PMP, .
- Gestión de calidad y métricas de software
- Gestión de la Información y el Conocimiento en Ciencias de la Salud, Bioinformática y Biotecnología
- Interacción Persona-Máquina y Usabilidad
- Ingeniería Web (Plataformas, Aplicaciones y Servicios Web)
- Estado actual de la industria del Software (software libre, software bajo demanda, videojuegos, ...)
- Estado del arte en Ingeniería de Software
- Web 2.0 (tecnologías, aplicaciones, Ajax, RSS,...)
- Redes Sociales Virtuales
- Agentes y Multiagentes
- Responsabilidad Social Corporativa: en sus enfoques empresarial y tecnológico
- Ingeniería multimedia y Realidad Virtual
- Gestión del Conocimiento e Inteligencia de Negocios
- Estado actual de la Sociedad de la Información y el Conocimiento
- Educación virtual, a distancia: *e-learning*
- Innovaciones tecnológicas en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC)
- Almacenamiento virtual y en red
- Software avanzado de Microsoft (C#, ...)
- Innovaciones y mejoras de lenguajes de programación (Java, C++, C#, JavaScript, XML, Ajax,...)
- ...

Solo resta comentar que las conferencias, seminarios, talleres, mesas redondas, y conclusiones más sobresalientes se publicarán en un tercer volumen que verán la luz a la terminación del Simposio.

Los diferentes comités de SISOFTE 2006 agradecen de nuevo a todas las instituciones, empresas, conferenciantes, ponentes, congresistas, ... su participación y quedan a su disposición durante todo el evento y los convocan para SISOFTE 2007, pendiente de confirmación del país organizador, sede y fecha, pero que con toda seguridad seguirá la tradición científica e investigadora de las cuatro primeras ediciones

En Cartagena de Indias, agosto de 2006

Fdo: Dr. Luis Joyanes Aguilar

Presidente de SISOFTE

AUDITORÍA

Defining, Performing and Maintaining Software Measurement Programs: State of the Art

María Díaz

Sistemas Técnicos de Loterías del Estado
Gaming Systems Development Department
Madrid, Spain, 28234
Maria.diaz@stl.es

Félix García, Mario Piattini

University of Castilla-La Mancha, Information
Systems and Technologies Department,
Ciudad Real, Spain, 13071
{Felix.Garcia, Mario.Piattini}@uclm.es

ABSTRACT

This paper analyses different approaches found in literature about how to carry out a measurement program. Hence techniques about planning and defining measurement processes, collecting, analysing, performing feedback sessions and packing the measurement program results are presented in this paper. Finally measurement improvement models are also exposed. These studies have been organized following and extending the software measurement classification proposed by Alain Abran et al.[1] for the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK). Specifically we have focussed on the measurement process sub-classification. The aim is to present the techniques existing in literature regarding this measurement program area and to set up the initial basis in order to define a methodology framework which supports Small and Medium Enterprises (SMEs) in performing measurement programs according to their specific needs, maturity and limitations.

Keywords: Measurement program, measurement process, state of art, SWEBOK, SMEs.

RESUMEN

Este artículo analiza las diferentes aproximaciones de la literatura sobre cómo llevar a cabo un programa de medición. Por lo tanto, en este artículo se muestran las técnicas de planificación, definición, recolección, análisis, realimentación y almacenamiento de los resultados de la medición del software, además de modelos de mejora de medición. Para la clasificación de los temas de interés de la bibliografía en relación a la medición del software este estudio basa y extiende la clasificación de medición del software propuesta por Alain Abran et al.[1] para Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK). Específicamente este trabajo está enfocado en la sub-clasificación del proceso de medición. El objetivo es presentar las técnicas existentes en la literatura sobre el área de los procesos de medición y establecer la base inicial para definir un marco metodológico que de soporte a las PYMES en la implementación de programas de medición del software de manera que se adecue a sus necesidades específicas, su madurez y sus limitaciones.

Palabras claves: Programa de medición, proceso de medición, estado del arte, SWEBOK, PYME.

1. INTRODUCTION

Most of software organizations are conscious of the importance of software measurement and they have started working on this line. However most organizations do not achieve the initial expected results. There are several reasons why this situation is quite common. First, software development projects are restricted by tight schedule goals. Hence allocating considerable extra effort to provide measurement data to back up decision-making is not desired. As a result, there is a very high risk to get no data at all, or to get incomplete or inaccurate data. Secondly, measurement must be popular with all measurement stakeholders and must be integrated in the culture of the organization to succeed. Another reason is that some of stakeholders judge measurement program as being too exhaustive compared to their benefits. Finally, many organizations and projects possess insufficient or poorly organized data collection and analysis mechanisms which result in limited, inaccurate, or out of time feedback to managers and developers.

All these inconveniences are especially outstanding in small and medium enterprises (SMEs) where generally there are not enough resources to promote serious measurement program initiatives, training is more difficult and managers do not see the need of a measurement framework as they think that they can control projects more easily without using measures. In this context, usually there is not a measurement culture and then there is not historical data which is necessary when defining and performing a measurement process. Finally, the existing methods and frameworks that support measurement programs such as Goal Question Metric (GQM)[2], Goal-Driven Software Measurement[3], GQ(IM) [3, 4] , PSM[5] and ISO/IEC 15939 [6] do not fully satisfy the needs of medium and small companies. Sometime they are difficult to adjust to the organization and to implement with scarce budget. SMEs require a better adaptation of these models, better focused on its small dimensions in departments, resources, projects, objectives etc. This kind of companies require measurement programs which are easy to understand and implement as they usually cannot spend quite a high amount of resources in carrying out these programs.

The target of this work is to provide an overview about the models and techniques existing in literature about measurement programs. Namely we focus on the business and process assessment, plan definition, performance and evaluation of measurement processes. This work will serve as the basis of our research whose goal is to tailor existing measurement programs models to the specific characteristics of SMEs.

This paper is organised as follows: In section 2 the classification, which provides us with the basis to organize the studies exposed in this paper, is shown. In section 3 we briefly describe a set of representative models and standards regarding the measurement process. In sections 4, 5, 6 and 7 the approaches found in literature regarding the main phases of the software measurement process will be shown. Finally, in section 8 we present the conclusions and we outline the lack of practices to support the special characteristics of SMEs regarding measurement programs which will be the basis of the future research presented.

2. SOFTWARE MEASUREMENT CLASSIFICATION

The classification of the literature about software measurement programs presented in this paper is based on the software measurement classification defined by Alain Abran et al. [1]. They proposed a new Software Measurement KA (Key Area) for SWEBOK (Software Engineering Body of Knowledge) in order to consider Software Measurement as a key area itself in the world of Software Engineering. In addition, we have proposed other sub-classifications which most of them were adapted from the Software Engineering Management KA and Process Measurement KA of the SWEBOK in order to provide a clearer overview of the current state of art. These are the following (see Figure 1):

- “Process and Business Assessment”: We have defined this new category under the Measurement Process area. We missed this sub-classification, as before defining a measurement program, we have to know what the company needs.
- “Perform Measurement Process”, we have sub-classified this section of the Alain Abran et al.’s classification as the following: “Collecting data”, ”Analysis”, “Feedback” and “Packing”.
- “Evaluate Measurement”, we have sub-classified this section of the Alain Abran et al.’s classification as follows: “Evaluate measurement products”, “Evaluate measurement process” and “Measurement Process Improvement
- Finally we propose another sub-classification, which is not covered in this paper. This one has been included with the “Tools and Techniques” classification and is called “Experience Factory”. The experiences of implementing

measurement programs in organizations, such as the methodologies used, the challenges to implement them and their results, should be addressed in this category.

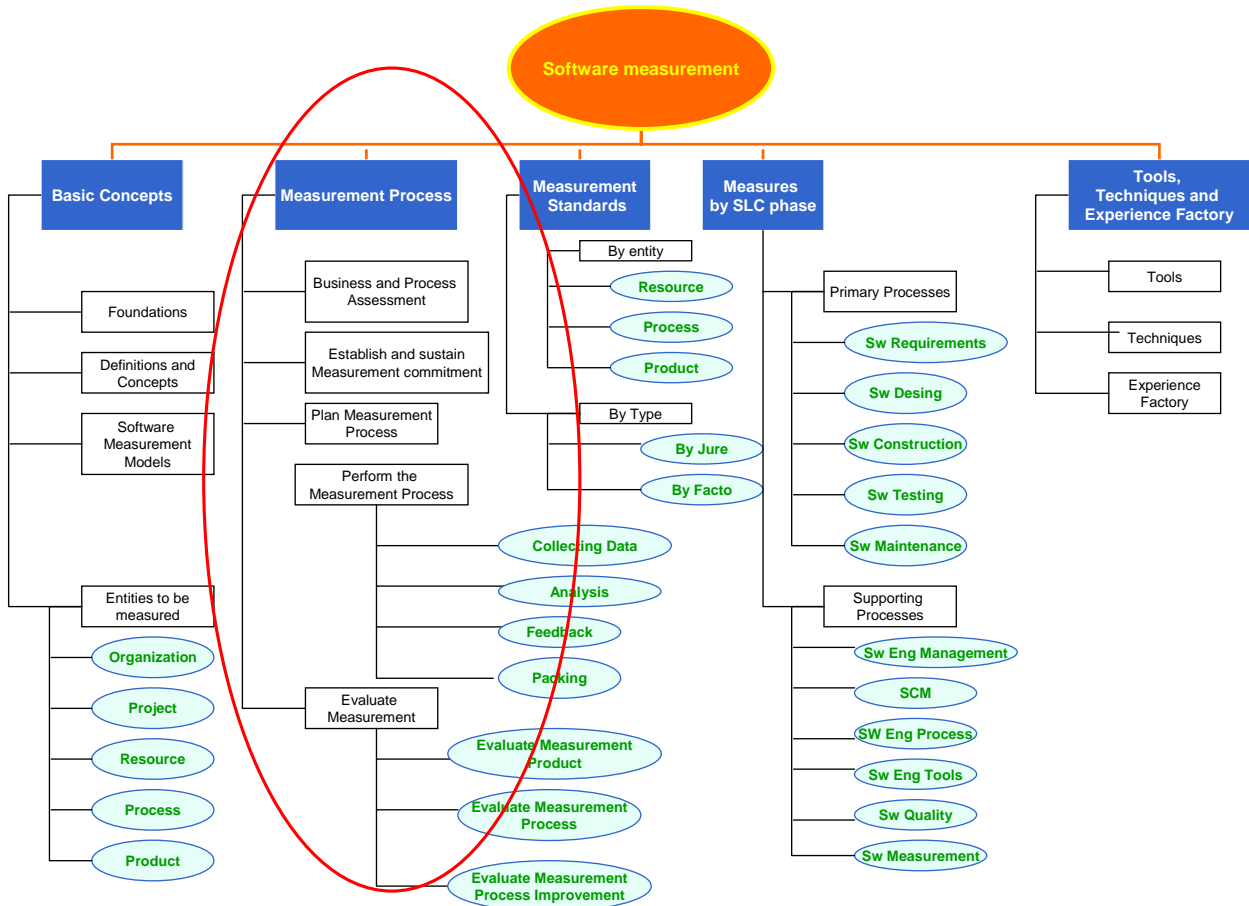


Figure 1: Software measurement classification adapted from [1].

3. BASIC CONCEPTS – MEASUREMENT MODELS

We start with Goal Question Metric (GQM) methodology whose aim is to define the metrics that should be collected depending on the objectives. The GQM process is described as goals generate questions, and questions generate metrics. GQM method was first defined by Basili and Weiss in 1984 and it was extended by Rombach in 1990. GQM model defines guidelines about defining the projects plan for the measurement program, defining the context and objectives, defining the measurement plan, planning the analysis, collecting data, interpreting results and detecting improvements.

The SEI in 1996 [3] published the Goal-Driven Software Measurement guidebook where the measurement practices are explained by means of examples. The guidebook is based on ten organized steps included in tree main groups and it provides an extension of GQM by means of useful templates and checklist in order to define goals, indicators, measures, data collected, indicator's representation, analysis sheets, etc. This extension to GQM is named Goal Question Indicator Metric GQ(I)M which identifies and defines the software metrics that support the organizations business, process improvement and project targets. GQ(I)M sets the link between the objective and the collected data. Another difference between GQ(I)M and GQM is that GQ(I)M explicitly defines and supports the indicators. The key instrument of this methodology is the indicator template which is used to precisely define the indicator's information as follows: "who", "what", "where", "when", "why" and "how". It also covers the required measures needed to build the indicator and the

required elements which help the interpretation of the indicator [4].

PSM [5] is a framework created by the Department of Defense in 1994 and its goal is to provide project and technical managers with the best practices and guidelines in software measurement. It is based on proven measurement principles derived from actual experience in government and industry projects. Therefore, PSM should be considered as an effective management tool which does not only explain what should be done, but also how to do it depending on the project and the organization. The measurement process model is divided into four main activities: Measurement planning, measurement relation, measurement evaluation and establishing and maintaining the compromise.

ISO/IEC 15939[6] identifies the activities and the required tasks in order to successfully identify, define, select, apply and improve the software measurement under a generic project or the measurement organization structure. It also provides the common measurement glossary for the Software industry. According to this standard, the main objective of the measurement process is to collect, analyse and provide relative data regarding the implemented products and processes in order to administrate the processes and to objectively demonstrate the product quality.

The IEEE Std 1061-1998 is a methodology for software quality measures which defines the system software quality by means of a list of the required software quality attributes for the system. The software measures purpose is to evaluate the quality requirements along the project life cycle.

4. PROCESS AND BUSINESS ASSESSMENT

Sometimes the target of a measurement program such as organization's needs comes from the results of a software process assessment. There are some well known frameworks which help to perform the software process assessment. Some of them, called benchmarking, consist of assessing the maturity of software processes in organizations. On the other hand there are analytical techniques which also support the software process assessment.

The benchmarking frameworks consist of comparing the current organization practices to the organizations best practices. Some of these frameworks are the SEI SW-CMM model, its successor CMMI, SPICE Software Process Improvement and Capability d'etermination which has turned into the standard ISO-15504, ISO 90003:2004, or Bootstrap.

However some companies are not culturally or economically prepared to perform these extensive assessments. Thus some software process assessment models suitable for small companies have appeared: Johnson and Brodman proposed a model called LOGOS Tailored CMM which tailors CMM, P-CMM (the People CMM), PSP (Personal Software Process), TSP (Team Software Process) to small companies. Sanders developed the SPIRE Handbook whose aim is to help small software development units to achieve business benefits from their investment in software process improvement (SPI) using the structure of the ISO TR 15504 (SPICE) as a framework for practical advice. Additionally Cater-Steel [7] published an assessment framework for small enterprises. The framework was based on SPICE and it was sponsored by the Software Engineering Australia (Qld) (The framework, called RAPID, was prepared to perform the assessment in one day thus rather than using the 40 processes defined in ISO 15504, eight key processes were selected.

The MoProSoft [8] Software Process Model defines the best practices of software administration and engineering and it is focused on SMEs. It conforms to ISO 90003:2004 and CMM V1.1. MoProSoft was developed to be set as a Software Process State Mexican Norm in order to support SMEs in their software process improvement and to make them more competitive in the national and international market. COMPETISOFT is a project led by universities, companies and government agencies of Latin American countries whose aim is to develop a software process model for SMEs and also to set up this model as a Software Process Norm for Latin American countries. The software process model proposed in COMPETISOFT project is based on the MoProSoft Software Process Model. We are directly cooperating in the COMPETISOFT project and then our research is included in the framework of this project.

Finally we present the analytical techniques which can be exemplified by the Quality Improvement Paradigm (QIP). Some of these techniques that also support software process assessment are the following: process simulations as explained in [9] or other kinds of experiments as shown in [10]. Process definition review also allows detecting the process deficiencies and potential process improvements. Some examples are exposed in [11] and [12], and an observational study is exposed in [13]. Other techniques involve the tracking of the detected faults cause as it is shown in [14] and [15]. In addition, there is the technique which consists of performing statistical analysis to control the process evolution [16] [17]. Finally other process assessment techniques are the Personal Software Process [18] where the assessment is performed according to a "bottom-up" approach, as improvements are derived from data

interpretations of individual's development practices.

5. PLAN MEASUREMENT PROCESS

GQM covers the plan measurement process phase defining the practices as the following[2]: Firstly the planning phase, where the project's plan for the measurement program is defined. Secondly the definition phase, where the measurement program is defined using a template that helps to specify the initial goal thus the study object, purpose, quality focus, point of view and context are specified. Afterwards, questions, metrics and hypothesis are defined. The metrics derived in the GQM plan have to be integrated in a measurement plan thus for each metric, the measurement plan answers the questions how, by whom, and when the data are to be collected. Finally, an analysis plan must be also defined based on the GQM plan where some analyses of possible results are simulated.

PSM [5] also specifies the practices of the measurement plan phase. Hence, the measures that provide the projects with the information view required are defined. Therefore, detecting the needs of the beneficiaries who are in charge of the decision making, link the information needs with the entities that could be measured, selecting and specifying the base measures on the organizational projects and processes are the main tasks defined in this phase.

ISO15939[6] identifies the following steps when the measurement process is planned: Characterize the organizational unit, Identify information needs, Select measures, Define data collection, analysis, and reporting procedures, Define criteria for evaluating the information products, Review, approve, and provide resources for measurement tasks and Acquire and Deploy Supporting Technologies.

In literature we can find diverse proposals regarding the measurement process definition. These approaches can complement the measurement process planning section of the models and standards presented previously and tackle the following representative topics:

Specifying the measurement program from the high level business perspective: Niessink and Vliet [19] proposed a general model which highlights that the importance of the measurement program is the return value which it provides to the organizations. Unlike the GQM model [2], the objective of the measurement program is not a measurement target but a high level business target. Niessink and Vliet's model generally specifies the measurement program from the high level business perspective. Therefore the model defines, in four main steps, how the measurement program is implemented to give support to a certain company's problem. In addition, the success factors highlighted in the model are those which return value to the organization and are external to the measurement program.

This idea of planning of the measurement process from a high level business perspective has been also underlined by the GQ(I)M model and also by Offen and Jeffery who proposed a framework that extends the Quality Improvement Paradigm/GQM named M3P (Model Measure Manage Paradigm). The aim was setting well defined links between the results of the metrics and the business context and development.

Adding formality to measurement process plan definition: The studies above, show the perspective from which the measurement process should be planned but they do not show how to actually perform a measurement program. Regarding this issue:

Briand et al. [20] proposal aims to properly define measurement processes, especially prediction systems by means of defining an approach of six organized steps based on GQM but adding formality to it. The aim is to add theoretical basis when defining measures as usually it is not only impossible to create an accurate prediction system but also to create a system that accurately characterize the object of study. The main additions of this approach are the following:

- The attributes derived from the GQM hypothesis should be formalized by specifying its properties which constrain and guide the search for new measures for the attribute and accept existing measures that adequate to that attribute. In addition abstractions are identified thus the entity to measure may be mapped into one or more abstractions (mathematical representation of the entity such a graph) so it becomes analyzable and its relevant context attributes become quantifiable. The metrics selected are validated as they must comply against the attribute's generic and context-dependent properties.
- Hypothesis are refined and statistically checked in order to verify the credibility of the hypothesis and to create the predicted model. Hence one needs to validate a statistical relationship between independent and dependent measures.

We continue showing complementary techniques regarding how to define a measurement process plan. We then show a technique that allows to easily and more accurately define the measurement process and to add formality to the measurement process plan. It consists of the idea that modelling the entity to be measured and integrating it in the measurement process benefits the measurement plan definition.

Brijckers et al. [21] indicated that this idea helps to precisely identify the object to be measured, which is especially important when GQM interviews are performed. It also helps identifying the appropriate person who will collect each data required and when it should be collected. It also supports the identification of the data which could be reused for different goals. Finally data required to define a measurement program will be directly derived from the software process model.

Lavazza and Barresi [22] also supported this idea and they go further by implementing a tool which integrates the GQM plan and the model of the entity to be measured. They claim that the benefit of this idea, besides what was indicated by Brijckers et al.[21], was the formality that it provides to the measurement process. Hence if the entity to be measured is not modelled, then it is difficult to assure that the collected data match the plan as this knowledge relies on the people who performed the measurement plan. In addition it helps to identify which data are impossible to collect. Repeatability of the measurement process is also more feasible. Finally there are other advantages such as the user can define some metrics and questions which were not taken into account previously since there are some elements in the model that are natural candidate metrics. Additionally using this approach the GQM plan will be packed together with the process model being measured making it more precise.

Simplifying the measurement process plan complexity: Regarding this topic, Baldassarre et al. [23] define a framework called multiview framework which facilitates the comprehensibility, ease of use and repeatability of a measurement program. This framework supports the identification of the measurement process complexity especially regarding the interpretation of the GQM measurement plan. They underline the idea that the measurement plan may contain some specific goals but each of them should relate to a single view. Therefore the number of metrics will be limited, which also will reduce the overall complexity of the interpretation. This framework is useful to evaluate the comprehensibility of the measurement process, as if it is difficult to understand only the person who has developed the measurement process will be able to understand the process and interpret results; and the ease of use it which is another measurement program success factor. Both factors make the measurement process more repeatable.

Measurement process plan definition pattern: Lindvall et al. [24] defined a pattern to represent the measurement plan definition which also complements GQM. The main advantage of the proposal is that measurement patterns provide the benefit of avoiding starting a measurement program from scratch and allowing identifying a high level pattern which can be applied in a different context. In addition it allows the measurement definition to easily pack and transfer within and between organizations. Measurement patterns are built by making a tree where GQM hypothesis and questions from higher-level goals lead to lower level goals. Therefore, other related hypothesis and questions can also lead to more specific goals until it gets to the lowest level, where goals are basic goals (characterization goals) and they lead directly to metrics. The result is a tree where the GQM definition plan is detailed.

Measurement program social impact: Sometimes it could be worthy to analyse whether the measurement program will be used and well adapted in the organization. Regarding this, the Social Impact model defined by Umarji and Emurian [25] predicts the success and thus the usage of a measurement program by means of measuring the intention to use it. The intention on the other hand depends on the Ease of Use, Usefulness, Control and Attitude to use the measurement program.

The measurement process planning techniques and approaches presented in this section complement the models and standards shown. This set of techniques and approaches adds elements of improvement to the standards and models as it gives to the measurement process plan definition the business perspective, it also adds formality in the definition of the basis of the measurement process (measures and hypothesis) which enhance the chance of success and provides techniques which make the measurement process easier to define, use, reuse and understand. Finally, it also addresses a model to predict the social impact of the measurement program in the organization.

6. PERFORM MEASUREMENT PROCESS

In this section a brief introduction regarding collecting data, analysis, feedback and packing will be exposed and also some approaches from literature that adds value to this area will be indicated.

Collecting data

ISO/IEC 15939[6] 5.3.2 specifies that data shall be collected and stored including any context information necessary to verify, understand or evaluate the data.

GQM method [2] indicates the steps required for collecting data which are classified in two main subgroups: Training and data collection starting, and the construction of a Measurement Support System (MSS). The steps defined for the first group are: “Hold Trial” phase which is a preliminary step before starting collecting the actual data. In this step the collection procedures, tools and templates are defined and tested. The second phase is “kick off” where all the measurement program participants must be present. The target of this phase is that all participants agree on the data collection activities and to inform about the procedure, tools and templates. Data collection step aims at collecting data, feeling in the templates and deliver them to the GQM team who will check the data validation, and pack the templates for future use. The second group aims at defining the set of statistics tools, spread calculation sheets, data base systems and presentation sheets.

PSM [5] part 3 defines the data collection phase in three groups: Collect Data, Verify Data and Normalized Data. At the Collect Data phase, the frequency of the collection and how to report the data to the measurement analyst team is treated. In the Data Verify section a check point list, which helps to verify that data match the measurement specifications, its accuracy etc., is defined. In the last section, Normalized Data, the measures are converted into a common unit for example, translating effort from hours to months.

Analysis

In this phase the measurement results are represented in graphs or other formats which help to make decisions. The initial conclusions should be defined and checked to assure that they are accurate and meaningful and that they result in reasonable actions. This part is supported in ISO/IEC 15939[6] 5.3.3.

PSM [5] part 4 classifies the analysis types in three categories: estimation, feasibility analysis and performance. In addition it presents a relational model where issues areas and entities which have to be taken into account for the analysis are related and then its dependencies are shown. Finally it details the data, models and tools required to perform each of the analysis mentioned.

As an example of a performance analysis experience it is underlined the work of Ramil et al. [17] who performed sequential statistical tests using CUSUM Change Point detection algorithm in order to control the evolution in productivity of the VME kernel.

Feedback

In this phase information products must be documented and communicated to users and stakeholders ISO/IEC 15939[6] 5.4.1.

GQM method [2] includes feedback in the interpretation phase and four phases regarding interpretation are defined: Preparing the feedback sessions, performing the feedback sessions, reporting measurement analysis results, and an analysis of the benefits and costs of the measurement program is also suggested to be performed.

PSM [5] part 4 suggested that the reporting activity should be integrated in the day-to-day management and technical processes and it should include: Overall evaluation of the projects, identifications of specific problems, risks, and lack of information; recommendations and potential new issues.

Van Solingen et al.[26] proposed that two additions had to be included in the GQM model. The first addition refers to establishing conditions which are necessary to facilitate learning in software measurement programs. Therefore it is required that the measurement program explicitly establishes conditions that are necessary to facilitate learning in software measurement programs and the second one refers to explicitly identify whether the measurement program was actually worthwhile. They proposed a model of the learning process between software development team and GQM team based on learning theories and specified a list of learning enablers in order to stimulate the group and the learning sessions. On the other hand, in order to address the costs of a measurement program it is proposed to follow the Birk et al. method in which the GQM steps are used for addressing costs. Thus for each stage defined in the GQM model, the

activities related to that stage are identified and afterwards the cost of each activity is calculated. Finally they propose the following points to address benefits: goal attainment, understanding of software product and process, improved communication, attention for software quality and corporate identity.

Packing

This phase refers to keeping the measurement program plan, data collected, analysis sheets, cost-benefits analysis and conclusion and action plans of the measurement in a feasible way. Notice that none of the measurement process models shown above treats packing as an independent stage. In this phase it is important to storage data in a reusable way thus allowing the ease of reusing the information for future projects and allowing the information transference. In addition a framework or data mining tool to easily access to the information stored should also be defined. Koennecker et al. [27] shows the experience of implementing an Experience Factory in an Australian organization. In addition Lindvall et al. [24]also addresses the idea of ease of storage and transference when defining the GQM pattern.

7. MEASUREMENT PROCESS - EVALUATE MEASUREMENT

In this section we will present the main issues regarding the measurement evaluation of the products resulting from the measurement program (metrics, indicators, results, etc.) and the measurement process and the selection of the suitable measurement improvements to be applied.

Evaluate information product

It refers to evaluating information products, measures, indicators and analysis results, against specified evaluation criteria and to determine strengths and weaknesses of the information products. PSM [5] part 7 shows the evaluation criteria which is adapted from the evaluation criteria specified in ISO/IEC 15939[6]5.4.1 and are the following: measurement product use, confidence in measurement results, measurement results fitness for purpose, understandability of measurement results, satisfaction of the assumptions of an indicator model, measurement accuracy and measurement reliability.

Evaluate measurement process

Evaluating of the measurement process refers to evaluating the measurement process by means of quantitative evaluation of the measurement program performance (timeliness, efficiency, defect containment, customer satisfaction), conformance of the measurement process against the measurement plan (external audit to check the compliance of the process to a description of its intended use) and evaluation of the process to an external benchmark of process maturity. PSM [5] and ISO/IEC 15939[6] 5.4.1 cover these steps. In addition there are other analytical techniques to evaluate the measurement process.

As a measurement process evaluation framework we can underline the SEI SW-CMM model which presents a common area called “Measurement and Analysis” whose aim is to encourage organizations to use measures in order to improve its processes. It defines three types of measures for each maturity level: repeatable, defined and managed and optimizing. CMMI provides worthy enhancements regarding software measurement. It defines a new Process Area called “Measurement and Analysis” whose scope is wider than it was in CMM. The Measurement and Analysis process area supports all process areas by providing practices. These guides projects and organizations in aligning their measurement needs and objectives to results that can be used to make decisions and to take appropriate corrective actions. This idea matches with the *Goal-Question-Metric* model and the standard ISO 15939 [6].

SPICE and the ISO-15504 standard include the measurement process which covers all the processes that establish and support the achievement of the organizational business goals. The process treats the definition of measures, the data administration (including the historical data) and the use of metrics in the organization. The aim is to implement and use measures in order to support an effective administration and to objectively demonstrate the quality of the products.

ISO 90003 establishes the need of implementing the process with the aim of controlling the product, the process capability and the client satisfaction. The administration practices use the measures as the essential entry to plan, control and administrate the project and also to control the quality. All of it is focussed on the process improvement.

We now present an analytical technique aimed at assessing and deriving improvements from certain processes (e.g. Key Areas of CMMI) and the measurement processes related to them. This techniques was proposed by Berry and Vandenbroek [28] and it is a bottom-up approach. Therefore the measurements and the reference processes improvements are derived from the individual's satisfaction which comes from the relationships between the performance of measures (performance of the measure according to a key process) and the importance that they assign to measures; and between the performance of the key processes and the importance they assign to key processes. In addition this framework addresses the use of other models such as the: Performance model, Best Practices model, Meta-Measurement model, Social Impact model, Visualisation and Improvement model.

Berry et al. [29] also studied that this targeted measurement key process assessment identified better what has to be changed than the generic Information Quality model based on AIQM. However it required more effort to acquire and deploy.

Another improvement technique could be observing whether the measurement process matches the well known success factors for a measurement program. Gopal et al. [30] show and demonstrate most of the known measurement program success factors.

Measurement process improvement

The measurement process and measurement product deficiencies found in the previous tasks are candidate improvements and should be gathered in the measurement experience data base (Update Experience Base). Some of these candidate improvements will be implemented in the current project's process measurement process To select those candidate improvement to implement in short term it is recommended to perform a costs and benefits analysis [5] part 7 and [6] 5.4.2.

In addition the simulation technique such as the studies of Eickelmann, [9]could be used as a Visualization model in order to analyse beforehand, for example, the benefit of the improvements.

8. CONCLUSIONS AND FURTHER RESEARCH

In this paper we have presented the state of the art regarding software measurement programs. We have organized the approaches and studies in literature based on software measurement classification proposed in [1] but adding an extension where "Process and Business Assessment" sub-classification was added under measurement process, "Collecting Data", "Analysis", "Feedback" and "Packing" were added under "Perform Measurement Process"; "Evaluate Measurement Products", "Evaluate Measurement Process" and "Measurement Process Improvement" were added under "Evaluate Measurement" and finally "Experience Factory" classification was added to "Tools and Techniques" classification. Hence, the most representative models and standards and some approaches which complement them regarding the measurement process and business assessment, measurement process plan definition, measurement process performance and the measurement evaluation have been tackled in this paper.

All the knowledge presented in this paper as the state of the art of the measurement process will serve us to base our future research whose target is to set up a framework in order to support SMEs in performing their measurement programs. Especially we will focus on the definition of software indicators. The methodology should take into account the limitations of the SMEs and their maturity. All this work will be developed under the COMPETISOFT project which is based, as we indicated above, in the MoProSoft Software Process Model. The aim of this project is to establish a software process model focused on SMEs for the Latin American countries.

Regarding our research, the relevant point found in literature is that none of the frameworks that support measurement programs, Goal Question Metric (GQM)[2], Goal-Driven Software Measurement [3], GQ(IM)[3, 4], PSM[5] and ISO/IEC 15939 [6], give guidelines about the definition of the indicators and measures according to the maturity of SMEs. Some relevant aspects to highlight are the following:

- What kind of indicator and analysis could we define depending on the maturity of a small and medium company? What are the constraints of each type of indicator? For example, some methods, such as the proposed in [14] which support the definition of prediction measurement processes, require historical data in order to statistically demonstrate the hypothesis defined. But we can not expect that amount of data in a not mature small company.

- What are the basic indicators required in SMEs depending on the maturity of the company?
- More support is required regarding the measurement training in SMEs in order to be focused on its needs, domain and to be effective.

From the issues identified previously the main objective of our ongoing research is to provide SMEs with a methodology framework based on Goal-Driven Software Measurement [3] and PSM[5] which support the definition of software indicators that would depend on SMEs' limitations and their maturity.

REFERENCES

1. Abran, A., Buglione, L., and Sellami, A. Software Measurement Body of Knowledge – Initial Validation using Vincenti's Classification of Engineering Knowledge types. *Software Measurement Conference*. (2004), pp. 1-16.
2. Solingen, R.v. and Berghout, E. *The Goal Question Metric Method - A practical guide for Quality Improvement of Software Development*. Mc Graw Hill. 1999.
3. Park, R.E., Goethert, W.B., and Florac, W.A. *Driven Software Measurement-A Guidebook*. Carnegie Mellon University Pittsburgh: Software Engineering Institute. 1996.
4. Goethert, W. and Sivi, J. Applications of the Indicator Template for Measurement and Analysis. *Software Engineering Measurement and Analysis Initiative*. September 2004
5. *PSM: Practical Software and Systems Measurement - A Foundation for Objective Project Management Version 4.0c*. Department of Defense and US Army. November, 2000.
6. ISO/IEC 15939, Software Engineering-Software Measurement Process. 2002
7. Cater-Steel, A.P. Process Improvement in Four Small Software Companies. *Proceedings of the 13th Australian Software Engineering Conference (ASWEC'01)*. (2001), pp. 262-272.
8. *MoProSoft v. 1.1*. <http://www.software.net.mx> 2004.
9. Eickelmann, N.S. Empirical Studies to Identify Defect Prevention Opportunities Using Process Simulation Technologies. *Proceedings of the 26th Annual NASA Goddard Software Engineering Workshop (SEW.01)*. (2001), pp. 22-26.
10. McGarry, F., et al. *Software Process Improvement in the NASA Software Engineering Laboratory*. Institute, S.E. 1994.
11. Bandinelli, S., et al. Modeling and Improving an Industrial Software Process. *IEEE Transactions on Software Engineering*. 21 (1995), pp. 440-454.
12. Kellner, M.I., et al. Process Guides: Effective Guidance for Process Participants. *5th International Conference on the Software Process*. (1998), pp. 11-25.
13. Agresti, W. *The Role of Design and Analysis in Process Improvement*. in Elements of Software Process Assessment and Improvement. Emam, K.E. and N. Madhavji IEEE CS Press. 199.
14. Collofello, J. and Gosalia, B. An Application of Causal Analysis to the Software Production Process. *Software Practice and Experience*. 23 (10), (1993), pp. 1095-1105.
15. Nakajo, T. and Kume, H. A Case History Analysis of Software Error Cause-Effect Relationship. *IEEE Transactions on Software Engineering*. 17, 8, (1991)
16. Florac, W. and Carleton, A. *Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement*. Addison Wesley. 1999.
17. Juan F. Ramil and Lehman, M.M. Defining and Applying Metrics in the Context of Continuing Software Evolution. *Proceedings of the Seventh International Software Metrics Symposium (METRICS'01)*. (2001), pp. 199-209.
18. Humphrey, W. *A Discipline for Software Engineering*. Addison Wesley. 1995.

19. Niessink, F. and Vliet, H.v. Measurements Should Generate Value, Rather Than Data. *Proceedings of the Sixth International Software Metrics Symposium (METRICS'99)*. (1999), pp. 31-39.
20. Briand, L.C., Morasca, S., and Basili, V.R. An Operational Process for Goal-Driven Definition of Measures. *IEEE Transactions on Software Engineering*. 28, (December 2002), pp. 1106-1125.
21. Brijckers, A. and Differding, C. The Role of Software Process Modeling in Planning Industrial Measurement Programs. *Proceedings of the Third International Symposium on Software Metrics (METRICS'96)*. (1996), pp. 31-40.
22. Lavazza, L. and Barresi, G. Automated Support for Process-aware Definition and Execution of the Measurement Plans. *Proceedings of the 27th international conference on Software engineering*. (2005), pp. 234-243.
23. Baldassarre, M.T., Caivano, D., and Visaggio, G. Comprehensibility and Efficiency of Multiview Framework for Measurement Plan Design. *Proceedings of the 2003 International Symposium on Empirical Software Engineering (ISESE'03)*. (2003)
24. Lindvall, M., et al. Towards Reusable Measurement Patterns. *Proceedings of the 11th IEEE International Software Metrics Symposium (METRICS 2005)*. (2005), pp. 21-29.
25. Umarji, M. and Emurian, H. Acceptance Issues in Metrics Program Implementation. *11th IEEE International Software Metrics Symposium (METRICS'05)*. (2005), pp. 20-30.
26. Rini van Solingen and Berghout, E. Integration Goal-Orientated Measurement Software Engineering: Industrial Experiences with and Additions to the Goal/Question/Metric Method (GQM). *Proceedings of the Seventh International Software Metrics Symposium (METRICS'01)*. (2001)
27. Koennecker, A., Jeffery, R., and Low, G. Implementing an Experience Factory based on existing Organisational Knowledge. *IEEE* (2000)
28. Berry, M. and Vandenbroek, M.F. A Targeted Assessment of the Software Measurement Process. *Proceedings of the Seventh International Software Metrics Symposium (METRICS .01)*. (2001), pp. 222 -236.
29. Berry, M., Jeffery, R., and Aurum, A. Assessment of Software Measurement: an Information Quality Study. *Proceedings of the 10th International Symposium on Software Metrics (METRICS'04)*. (September, 2004), pp. 314-325.
30. Gopal, A., et al. Measurement Programs in Software Development: Determinants of Success. *IEEE Transactions on Software Engineering*. 28(9) (2002), pp. 863-875.

BIOINFORMÁTICA

Redes neuronales para la predicción de proteínas

Nelson Enrique Vera Parra

Universidad Distrital, Grupo de Investigación
GICOGE, Bogotá, Colombia,
nelsonenriquevera@gmail.com

Jose Nelson Perez Castillo

Universidad Distrital, Grupo de Investigación
GICOGE, Bogotá, Colombia,
jnperezc@gmail.com

ABSTRACT

The proteins are bio-molecules formed by amino acids chains; due to the importance of their functions, they are considered like the molecular machines of alive organisms. If the scientific community will find a form to determine the proteins functions, it would open the doors to processes of molecular engineering that would allow to prevent and to cure a great number of diseases.

The proteins functions depend of the three dimensional structure that it adopt. Therefore, the challenge of the scientific community are to find an efficient method predict the proteins structure. The methods of laboratory, existing at the moment for structural prediction are limited to a very small protein group. Considering the previous paragraph and knowing that the three-dimensional protein structure is defined by the amino acids sequence that constitutes it, the investigations has migrated of the laboratories towards information sciences, where to find the protein structure is a problem of prediction based in a symbols chain (amino acids sequence).

This article makes a revision of the state-of-the-art of the application of the machine learning, specially of the neuronal networks in the protein prediction.

Keywords: Protein, Structure, Function, Prediction, Artificial neural network, Servers.

RESUMEN

Las proteínas son biomoléculas constituidas por cadenas de aminoácidos; sus funciones son tan importantes que debido a éstas son consideradas como las máquinas moleculares de los organismos vivos. Si se encontrara una forma de determinar la función de una proteína se abrirían las puertas a un proceso de ingeniería molecular que lograría prevenir y curar un gran número de enfermedades.

La función de una proteína depende de la estructura tridimensional que ésta adopte, es por esto que el reto de la comunidad científica es encontrar un método eficiente para hallar la estructura de las proteínas. Los métodos de laboratorio, existentes actualmente para la predicción estructural están limitados a un grupo muy pequeño de proteínas. Teniendo en cuenta lo anterior y conociendo que la estructura tridimensional de una proteína esta definida por la secuencia de aminoácidos que la constituye, las investigaciones han migrado de los laboratorios hacia las ciencias de la información, donde hallar la estructura se convierte en un problema de predicción a partir de una cadena de símbolos (secuencia de aminoácidos).

Este artículo hace una revisión del estado del arte de la aplicación del aprendizaje de máquina, especialmente de las redes neuronales en la predicción de proteínas.

Palabras claves: Proteínas, Estructura, Función, Predicción, Redes neuronales artificiales, Servidores.

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento acelerado del descubrimiento de la información biológica abre las puertas a “milagrosos” avances en el sector de la medicina, sin embargo para llegar a estos avances no solo se requiere obtener la información si no procesarla de manera eficiente. El volumen y la complejidad de la información exigen que las técnicas de procesamiento sean muy eficientes.

Actualmente el descubrimiento de información biológica avanza a pasos muchos más grandes que el desarrollo de técnicas de procesamiento para analizar y dar uso a esta información. Una de las principales razones por las cuales se ha dado esta diferencia, es debido a que la mayoría de problemas de análisis de información biológica no tienen solución algorítmica.

Una de las áreas donde más se ha marcado la carencia de recursos de procesamiento de información ante la avalancha de información biológica descubierta, es en el área de las proteínas. Descubrir la secuencia de aminoácidos que constituyen una proteína es un problema prácticamente solucionado, sin embargo utilizar ésta secuencia para predecir la estructura terciaria y la funcionalidad de las proteínas es un reto que al día de hoy se ha cumplido en una muy pequeña parte.

Ante los pocos resultados conseguidos con técnicas algorítmicas convencionales, los investigadores han visto en las técnicas de aprendizaje de máquina un camino a seguir. De las diferentes técnicas que existen la que ha alcanzado mejores niveles de precisión ha sido las redes neuronales.

Sin embargo las redes neuronales son muy diversas y no todas las arquitecturas son eficientes en un dominio determinado, es por esto, que a pesar de que se han conseguido esperanzadores resultados, aún no se tiene conocimiento cierto de que arquitectura es más eficiente en la predicción de proteínas.

Por tradición y por los altos niveles de precisión alcanzados, las redes neuronales más utilizadas en herramientas de predicción de proteínas actualmente son las típicas redes hacia delante, sin embargo, debido a su naturaleza estática presentan limitantes ante las longitudes grandes y el dinamismo de los datos de entrada. Ante éstos limitantes algunos investigadores han presentado las arquitecturas dinámicas especialmente las redes neuronales recurrentes como una posible solución y como un nuevo horizonte en la lucha diaria por conseguir arquitecturas de redes cada vez más eficientes.

2. UN VISTAZO A LAS PROTEÍNAS

Las proteínas son polímeros constituidos por pequeñas moléculas que reciben el nombre de aminoácidos los cuales se unen mediante enlaces peptídicos; debido a la importancia de sus funciones (enzimáticas, hormonales, transporte, etc) son consideradas como las máquinas moleculares de los organismos vivos. La función de una proteína ésta definida por su estructura, de ahí la importancia de descubrir y estudiar la estructura de las proteínas.

Estructura de las proteínas

La organización de una proteína viene definida por cuatro niveles estructurales denominados: estructura primaria, estructura secundaria, estructura terciaria y estructura cuaternaria.

Estructura primaria

La estructura primaria es la secuencia de aminoácidos de la proteína. Indica qué aminoácidos de los 20 posibles componen la cadena polipeptídica y el orden en que éstos se encuentran. Los aminoácidos se representan con una o tres letras según la recomendación de 1983 “Nomenclature and Symbolism for Amino Acids and Peptides” de la IUPAC-IUB (International Union Of Pure And Applied Chemistry And International Union Of Biochemistry And Molecular Biology) Junto con la JCBN (Commission on Biochemical Nomenclature). En la Tabla No. 1 se relaciona la representación en una y tres letras de los 20 aminoácido que conforman las proteínas según la recomendación de la IUPAC-IUB.

De acuerdo a la simbología descrita en la Tabla No. 1 una secuencia de aminoácidos de una proteína estaría representada por una cadena de letras; Actualmente existe una gran cantidad de formatos que establecen una sintaxis para estas

cadena y para adicionar información que permita documentar las secuencias. Estos formatos surgen de las diferentes bases de datos y herramientas de análisis de secuencias de proteínas que existen. A continuación se listan los más conocidos:

Nombre	Símbolo	
Alanine	Ala	A
Arginine	Arg	R
Asparagine	Asn	N
Aspartic acid	Asp	D
Cysteine	Cys	C
Glutamine	Gln	Q
Glutamic acid	Glu	E
Glycine	Gly	G
Histidine	His	H
Isoleucine	Ile	I
Leucine	Leu	L
Lisien	Lys	K
Methionine	Met	M
Phenylalanine	Phe	F
Proline	Pro	P
Serine	Ser	S
Threonine	Thr	T
Tryptophan	Trp	W
Tyrosine	Tyr	Y
Valine	Val	V
Aminoácido no especificado	Xaa	X

Tabla No. 1: Representación en una y tres letras de los aminoácidos de acuerdo a la IUPAC-IUB

- IG/Stanford, Usada por Intelligenetics y otros. <http://www.biobank.co.kr/maker/iii/intelligenetics.shtml>
- GenBank/GB, es un formato de archivo plano utilizado por genbank. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Genbank>
- NBRF , formato utilizado por NBRF (National Biomedical Research Foundation). <http://pir.georgetown.edu/nbrf/>
- EMBL, es un formato de archivo plano utilizado por EMBL. <http://www.ebi.ac.uk/embl/>
- GCG, es un formato para una sola secuencia para el software GCG. <http://www.accelrys.com/products/gcg/>
- DNASTrider, formato utilizado para programas MAC
- Pearson/Fasta, un formato muy común utilizado por programas Fasta y otros. <http://www.ebi.ac.uk/fasta33/>
- Phylip3.2, formato utilizado por programas Phylip. <http://evolution.genetics.washington.edu/phylip/software.html>
- Plain/Raw, secuencia pura sin nada adicional.
- MSF formato multi secuencias utilizado por el software GCG.
- PAUP's formato multi secuencias
- PIR/CODATA, formato usado por PIR (Protein Information Recourse). <http://pir.georgetown.edu/>

A continuación se da un ejemplo de una secuencia en formato FASTA:

```
>gi|129295|sp|P01013|OVAX_CHICK GENE X PROTEIN (OVALBUMIN-RELATED)
QIKDLLVSSSTDLDLTLVLVNAIYFKGMWKTAFAEDTREMPPFHVTKQESKPVQMMCMNNSFNVAATLPAEK
MKILELPPFASGDLMLVLLPDEVSDLERIEKTFINFEKLTWWTNPNTMEKRRVKVYLPQMKIEEKYNLTSVLMAL
GMTDLFIPSANLTGISSAESLKISQAVHGAFMELSEDGIEMAGSTGVIEDIKHSPSESQFRADHPFLFLIKHNPTNT
IVYFGRYWSP
```

A pesar de que existen todos estos formatos la tendencia en los servidores de predicción es el uso del texto puro sin ningún formato.

Estructura secundaria

La estructura secundaria es la disposición de la secuencia de aminoácidos en el espacio. Los aminoácidos, a medida que van siendo enlazados durante la síntesis de proteínas y gracias a la capacidad de giro de sus enlaces, adquieren una disposición espacial estable. De acuerdo al diccionario de estructura secundaria de proteínas (DSSP), existen 8 clases de estructuras secundarias:

- H = α helice
- B = Residos aislados en puentes β
- E = Filamentos extendidos
- G = 3 helices (3/10 helices)
- I = 5 helices (π helices)
- T = Giros enlazados de Hidrogeno
- S = Curvas
- “ ” = Espirales y otros

Sin embargo el DSSP propone también una clasificación más general, en la cual agrupa las 8 clases anteriores en tres clases. Esta clasificación ha sido la adoptada como estándar en la mayoría de servidores de predicción. Las tres clases son las siguientes:

- la α (alfa)-hélice
- Láminas beta
- Otros (comúnmente llamados espirales)

En la Figura No. 1 se representan proteínas con éstos tres tipos de doblaje.

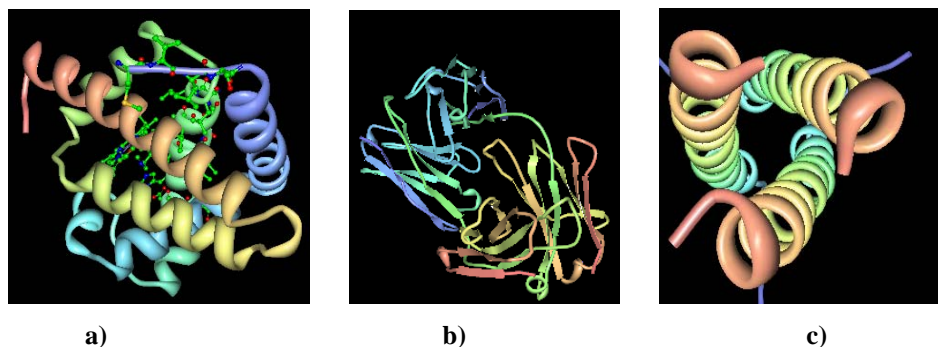


Figura No. 1: Proteínas con doblaje en forma de: a) Alfa-hélice b) Láminas beta c) Espirales. Imágenes visualizadas con el MTB Protein Workshop Versión 1.3

La estructura secundaria se representa mediante una cadena de letras asociada a la cadena de aminoácidos, normalmente se utilizan las letras H para hélices, E para filamentos y para representar los espirales y otros se utiliza un espacio en blanco ó la letra L ó la letra C.

Estructura terciaria

Es la estructura plegada y completa en tres dimensiones de la cadena polipeptídica. A diferencia de la estructura secundaria, la estructura terciaria de la mayor parte de las proteínas es específica de cada molécula, además, determina su función. La estructura terciaria esta definida por la estructura primaria es decir por la secuencia de aminoácidos.

Existen dos tipos de estructuras terciarias básicas correspondientes a la clasificación de las proteínas en dos grupos principales:

- Proteínas de Membrana: fibrosas, insolubles en agua.

- Proteínas Globulares: solubles en agua.

Las proteínas de membrana representan tan solo un 25 % de las proteínas en un típico genoma, además sus funciones no son tan relevantes como las funciones de las proteínas globulares; debido a esto la comunidad científica se ha enfocado en las proteínas globulares.

Actualmente existen varios visores de estructuras tridimensionales de proteínas, en la Figura No. 2 se visualiza la estructura tridimensional de la insulina utilizando los visores: a) MTB Protein Workshop Versión 1.3 disponible en: <http://www.rcsb.org> y b) CN3d 4.1 disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Structure/CN3D/cn3d.shtml>

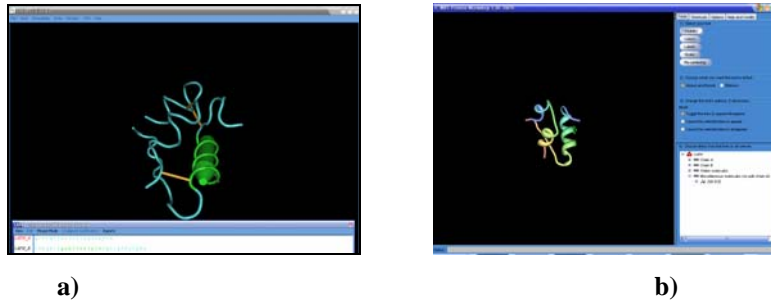


Figura No. 2: Estructura tridimensional de la insulina visualizada en a) MTB Protein Workshop Versión 1.3 y b) CN3d 4.

Estructura cuaternaria

Esta estructura es la unión, mediante enlaces débiles (no covalentes) de varias cadenas polipeptídicas con estructura terciaria, para formar un complejo proteico.

3. PREDICCIÓN ESTRUCTURAL DE PROTEÍNAS

Actualmente existen dos métodos de laboratorio que permiten hallar la estructura terciaria de las proteínas: la cristalografía de rayos x y la espectrografía de Resonancia Nuclear Magnética (NMR). La criptografía de rayos X hasta hace pocos años era el único método existente, a pesar de que este método es muy preciso, tiene fuertes limitantes como los son: lentitud, altos costos y aplicable solo a algunas pocas proteínas. La espectrografía de NMR es un método reciente muy preciso pero aún limitado a proteínas de tamaño pequeño. En la figura se muestra las estructuras

Ante las limitaciones de los métodos de laboratorio y ante la certeza de que la estructura terciaria esta definida por la secuencia de aminoácidos, encontrar la estructura de una proteína ha dejado de ser un problema exclusivamente de los laboratorios de biología para convertirse en un problema de predicción de las ciencias de la información.

Predicción de la estructura tridimensional.

Existen muchos métodos para la predicción estructural tridimensional de proteínas sin embargo estos se clasifican en tres categorías principales de acuerdo a la técnica que utilizan:

Ab initio

Estos métodos se basan en la suposición de que la información necesaria para conocer la estructura tridimensional de una proteína está en su secuencia de aminoácidos. Mediante la minimizan de la energía potencial derivada de las consideraciones fisico-químicas y estáticas se busca imitar el proceso de doblaje que tendría una proteína. El método y servidor más exitoso en esta categoría ha sido:

- ROSETTA <http://rosetta.bakerlab.org/>

Reconocimiento de Doblez

Los investigadores creen que el doblaje natural de las proteínas forma un diccionario finito de clases con solamente algunos miles de palabras. El método más utilizado de ésta categoría es aquel que se basa en “roscado” o Threading. A continuación se listan algunos de los servidores de predicción basados en métodos de reconocimiento de Doblez:

- 3DPSSM <http://www.sbg.bio.ic.ac.uk/%7E3dpssm/>
- SAMT99 <http://www.cse.ucsc.edu/research/compbio/HMM-apps/T99-query.html>
- SAMT02 <http://www.soe.ucsc.edu/research/compbio/HMM-apps/T02-query.html>
- GenTHREADER <http://bioinf.cs.ucl.ac.uk/psipred/psiform.html>
- FUGUE <http://www.cryst.bioc.cam.ac.uk/%7Efugue/prfsearch.html>
- FFAS03 <http://bioinformatics.ljcrf.edu/pages/>
- PHDthreader <http://www.embl-heidelberg.de/predictprotein/>
- T3P2 <http://www.mbi.ucla.edu/people/frsvr/frsvr.html>

Modelado de Proteínas por homología

Estos métodos se basan en el hecho de que todas las parejas de proteínas que presentan una identidad de secuencia mayor al 30% tienen estructura tridimensional similar. De este modo se puede construir el modelo tridimensional de una proteína de estructura desconocida, partiendo de la semejanza de secuencia con proteínas de estructura conocida. Esta técnica es actualmente la más utilizada. Existe un gran número de servidores de predicción basados en homología, entre los cuales los principales son:

- Swiss-Model <http://www.expasy.ch/swissmod/SWISS-MODEL.html>
- TITO/Modeller <http://bioserv.infobiosud.univ-montpl.fr/>
- CPHmodels <http://www.cbs.dtu.dk/services/CPHmodels/>
- SDSC1 <http://cl.sdsc.edu/hm.html>
- 3D-JIGSAW <http://www.bmm.icnet.uk/servers/3djigsaw/>
- Loops Database <http://www.bmm.icnet.uk/loop/>

El éxito de estos métodos radica en el crecimiento de las bases de datos de proteínas en las cuales se pueda buscar proteínas homólogas de una proteína desconocida. En los últimos diez años el crecimiento de las bases de datos de proteínas ha tenido un crecimiento prácticamente exponencial, de ahí la explicación de que los métodos por homología han tenido tanta aceptación. En la Figura No. 3 se grafica el crecimiento de la base de datos de proteínas PDB (Protein Data Bank).

Figura No. 3: Crecimiento de la base de datos de proteínas PDB (Protein Data Bank). Imagen tomada de <http://www.rcsb.org/pdb/Welcome.do>

En la figura No. 4 se muestra dos proteínas que tienen secuencias similares y estructuras terciarias similares.

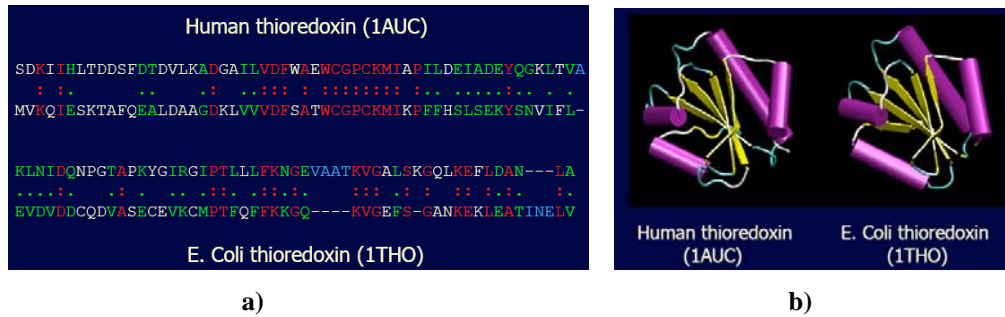


Figura No. 4: Similitud entre dos proteínas. a) Similitud en las secuencias b) Similitud en la estructura terciaria. Imágenes tomadas de la presentación “Protein Structure Prediction from A-Z” del MMTSB NIH Research Resource PSC Workshop 2003

Predicción de características 1D y 2D

Una gran parte de la comunidad científica cree que los métodos de predicción de la estructura tridimensional de las proteínas podrían avanzar mucho si no solo se basarán en la secuencia de aminoácidos sino que también se alimentarán de otras características 1D y 2D de las proteínas. Debido a esto han surgido una gran cantidad de métodos que buscan predecir características unidimensionales y bidimensionales de las proteínas.

Las características 1D de una secuencia son aquellas que pueden ser representadas por un solo valor asociado a cada aminoácido (B. Rost). Tales como: propiedades de los residuos, accesibilidad, estructura secundaria, hélices transmembrana, péptidos de señal, entre otros.

Predicción de la estructura secundaria

De las características 1D de las proteínas, la estructura secundaria ha sido la más investigada. Como se mencionó anteriormente esta estructura informa de la disposición en el espacio de los aminoácidos. Las herramientas de predicción de estructura secundaria cumplen una labor de clasificación, toman como entrada los residuos de los aminoácidos y los clasifican en 8 ó 3 clases de acuerdo al DSSP.

Los principales métodos y servidores de predicción de estructura secundaria son los siguientes:

- APSSP2 <http://www.imtech.res.in/raghava/apssp2/>
- JPred <http://jura.ebi.ac.uk:8888/>
- JUFO <http://www.jens-meiler.de/jufo.html>
- Mlrprdsc <http://mlrprdsec.cbi.pku.edu.cn/>
- PHD <http://cubic.bioc.columbia.edu/predictprotein>
- PHDpsi <http://cubic.bioc.columbia.edu/predictprotein>
- Porter <http://distill.ucd.ie/porter/>
- PROF_king <http://www.aber.ac.uk/~phiwww/prof/>
- PROFsec <http://cubic.bioc.columbia.edu/predictprotein>
- Prospect http://compbio.ornl.gov/PROSPECT/PROSPECT-Pipeline/cgi-bin/proteinpipeline_form.cgi
- PSIPred <http://insulin.brunel.ac.uk/psiform.html>
- SABLE <http://sable.cchmc.org/>
- SABLE2 <http://sable.cchmc.org/>
- SAM-T99sec <http://www.cse.ucsc.edu/research/compbio/HMM-apps/T99-query.html>
- SCRATCH (SSpro3) <http://www.igb.uci.edu/tools/scratch/>

En la Figura No. 5 se observa la predicción de la estructura secundaria a partir de una secuencia por parte de varios

servidores, además se relaciona la precisión de la predicción.

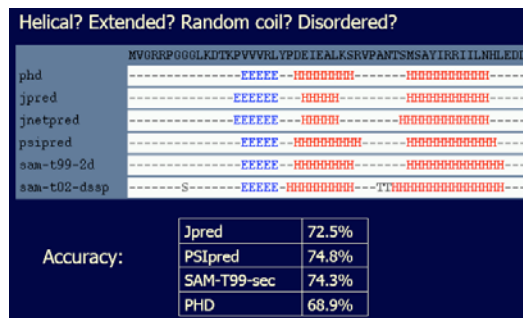


Figura No. 5: Predicción de la estructura secundaria a partir de una secuencia por parte de varios servidores. Imagen tomada de la presentación “Protein Structure Prediction from A-Z” del MMTSB NIH Research Resource PSC Workshop 2003

4. EVALUACIÓN DE LA PREDICCIÓN DE PROTEÍNAS

Existen tres organizaciones que tienen como objetivo la evaluación de la calidad de la predicción de proteínas:

- CASP (Critical Assessment of Techniques for Protein Structure Prediction) <http://predictioncenter.org>
- EVA (EValuation of Automatic protein structure prediction) <http://cubic.bioc.columbia.edu/eva>
- LiveBench <http://bioinfo.pl/meta/livebench.pl>

EVA y LiveBench son herramientas en línea de evaluación de servidores de predicción, mientras que CASP es una organización encargada de realizar un experimento bianual para la evaluación de herramientas y expertos para la predicción de proteínas.

5. REDES NEURONALES ARTIFICIALES

La eficiencia del procesamiento humano en tareas de percepción, clasificación y reconocimiento de patrones, ha hecho que las técnicas computacionales de clasificación y reconocimiento de patrones revalúen sus modelos tradicionales y evolucionen a la biocomputación. En la biocomputación se toman modelos biológicos para implementar nuevas técnicas de solución de problemas NP.

Una red neuronal artificial es un modelo computacional basado en el procesamiento del cerebro humano. En una red neuronal artificial existen unidades de procesamiento (neuronas) interconectadas entre sí de acuerdo a un peso (sinopsis), con velocidades de procesamiento bajas pero con la capacidad de procesamiento paralelo lo que eleva su potencial.

El procesamiento en una red neuronal depende directamente del peso de cada una de las interconexiones de las neuronas, estos pesos no son estáticos si no por el contrario son dinámicos y su actualización representa el aprendizaje de la red neuronal artificial.

La eficiencia de una red neuronal depende su arquitectura, de la metodología de aprendizaje y de su capacidad de generalización.

La forma en que se interconectan las neuronas de una red neuronal define un grafo dirigido. Si este grafo es acíclico, la red se denomina *red neuronal hacia adelante (feedforward)* (Ver Figura No.6) y en el caso de que posea ciclos, se denomina *red neuronal recurrente* (Ver Figura No. 7).

Las redes neuronales feedforward son aquellas donde las conexiones entre neuronas se realizan hacia adelante (desde la entrada hacia la salida) y no existe conexiones de retroalimentación, en esta categoría se encuentran tipos de redes como los perceptrones, las máquinas de vectores de soporte, y las redes de funciones de base radial.

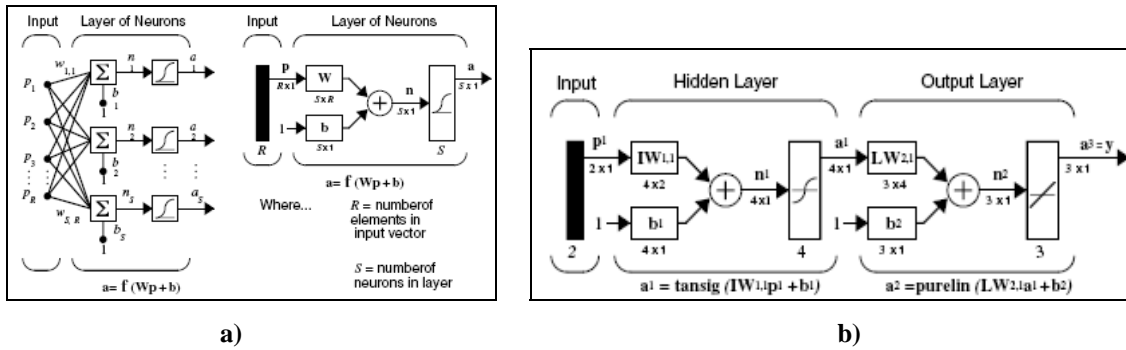


Figura No. 6: Arquitectura típica de una red neuronal feedforward. a) Red de una sola capa. b) Red multicapa. Imágenes tomadas del tutorial del “Neural Network Toolbox” de Matlab.

Las redes neuronales recurrentes tienen conexiones de retroalimentación y su principal ventaja ante las redes hacia delante es la capacidad de procesamiento de secuencias temporales. La principal representante de ésta categoría es la red de Hopfield.

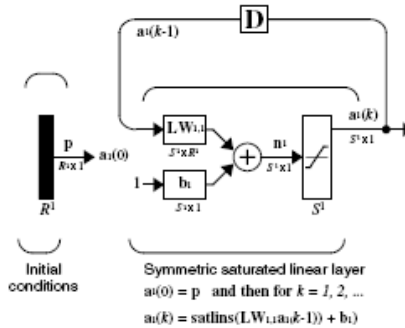


Figura No. 7: Arquitectura típica de una red neuronal recurrente. Imágenes tomadas del tutorial del “Neural Network Toolbox” de Matlab.

6. REDES NEURONALES ARTIFICIALES PARA LA PREDICCIÓN DE PROTEÍNAS

La implementación de cualquiera de los métodos de predicción de proteínas mencionados en el numeral tres (3) requiere técnicas computacionales que los soporten. El común denominador de estos métodos es el reconocimiento y la clasificación de patrones.

Es conocido y comprobado que en materia de reconocimiento y clasificación, el aprendizaje de máquina ha ofrecido excelentes resultados.

En la predicción de proteínas se han probado una gran variedad de técnicas de aprendizaje de máquina sin embargo la más utilizadas por sus notorios resultados ha sido las redes neuronales artificiales. Actualmente muchos de los servidores y herramientas de predicción de proteínas se basan en redes neuronales artificiales.

Evolución de las redes neuronales en la predicción de proteínas

El uso de las redes neuronales en la predicción de proteínas según Rost [13] ha pasado por cuatro etapas:

Etapas 1: Inicialmente las redes neuronales artificiales se aplicaban como cajas negras y las investigaciones se enfocaban en optimizar los parámetros internos, tales como la velocidad de aprendizaje y la arquitectura.

Etapas 2: Los investigadores abren las cajas negras para extraer o implementar reglas y para fijar conocimientos específicos en las redes.

Etapas 3: La combinación de las redes neuronales artificiales y la información evolutiva (bases de datos de proteínas en constante crecimiento), dejan al descubierto el verdadero potencial de las redes neuronales, convirtiéndose éstas en una

de las principales técnicas para la implementación de herramientas de predicción de proteínas. Una de las áreas donde las redes neuronales se sobrepusieron totalmente sobre las técnicas existentes fue en la predicción de la estructura secundaria.

Etapa 4: En los últimos años además de utilizar todo lo aprendido en las etapas anteriores las herramientas de predicción se están implementando de manera híbrida: Las redes neuronales se aplican a problemas específicos y el resto del sistema se implementa con metodologías expertas diferentes a redes neuronales y/o metodologías de software no expertos.

Evolución de los métodos de predicción basados en redes neuronales artificiales

La primera aplicación de las redes neuronales a la predicción de proteínas aparece en 1988, Bohr [22] y Qian [45] proponen métodos para predecir la estructura secundaria de las proteínas basados en redes neuronales. La siguiente década se caracteriza por la proposición de un gran número de métodos basados en redes neuronales para predecir características 1D (estructura secundaria, hélices transmembrana, filamentos transmembrana, accesibilidad), por parte de autores muy reconocidos como los son: Andrade [42], Rost [56, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9], Sender [11,10], Casadio [53, 54] entre otros. A medios de los 90's las redes neuronales comenzaban a constituirse como un método estándar en la predicción de proteínas, en 1996 Rost [12], propone un método para la predicción de características 1D de proteínas basado en redes neuronales, el cual dio origen a unos de los servidores de predicción de estructura secundaria más importantes que existe en la actualidad llamado PDH, en 1997 aparece el primer servidor de predicción de estructura terciaria por homología basado en redes neuronales CPH Models, propuesto por: Lund, Frimand, Gorodkin, H Bohr, J Bohr, Hansen, y Brunak [46], a partir de 1997 se comienzan a proponer métodos que van más allá de predecir características 1D, aparecen métodos para descubrir y predecir motifs [36, 38, 16, 110, 37, 17], actividad biológica [43, 52], modificaciones post-translacionales [44, 23, 24, 32, 55, 25, 33, 39, 40], tipos particulares de proteínas [1], dominios [35], desordenes en proteínas [15, 50, 51, 41], entre otros.

A partir del 2002 han aparecido métodos de predicción muy eficientes basados en redes neuronales recurrentes: SSPro y SSPro8 [18] son métodos de predicción de estructura secundaria en 3 y 8 clases respectivamente. ACCpro [19] es un servidor para la predicción de la accesibilidad de los residuos de una proteína, CONpro [49], [20], es un servidor que predice si el número de contactos de cada residuo en una proteína es mayor o menor del promedio. CMAPpro [21], [47] es un servidor para la predicción de mapas de contactos entre residuos de una proteína. Los servidores mencionados anteriormente se pueden encontrar en un Meta Servidor llamado SCRATCH [26].

En el 2005 y en el presente año se ha consolidado el uso de las redes neuronales recurrentes, se han creado servidores muy eficientes basados en este tipo de red, tales como: Mupro 1.1 [27] es un servidor que predice cambios de estabilidad de mutaciones de sitios simples de secuencias de proteínas, DOMpro 1.0 [28] es un servidor para predecir dominios de proteínas, DIpro II [29], [48] es un servidor para predecir enlaces de disulfuro en las proteínas, Betapro 1.0 [30] es un servidor para la predicción de pares Beta-residuos, pares Beta-filamentos, filamentos alineados, dirección de apareamiento y topología beta-sheet, DISpro 1.0 [31] es un servidor para predecir regiones desordenadas en secuencias de proteínas.

7. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Las redes neuronales artificiales en la última década se han consolidado como una de las herramientas computacionales más eficiente en el procesamiento de información biológica. Una de las áreas donde más éxito ha tenido las redes neuronales ha sido en la predicción de proteínas; actualmente un gran porcentaje de los servidores de predicción están basados en redes neuronales. El reto actual es encontrar arquitecturas de redes neuronales que permitan desarrollar herramientas de predicción con mayor precisión. En los últimos años las redes neuronales recurrentes han demostrado ser una arquitectura que ofrece mejores resultados que la tradicional arquitectura hacia delante.

Las herramientas de predicción han abierto su horizonte y han comenzado a recorrer otros caminos donde el objetivo es predecir anomalías tales como desordenes en la secuencia o mutaciones, que marcan el inicio del hallazgo del origen de muchas enfermedades.

REFERENCIAS

1. A. Gurvitz, S. Langer, M. Piskacek, B. Hamilton, H. Ruis and A. Hartig, Predicting the function and subcellular location of *Caenorhabditis elegans* proteins similar to *Saccharomyces cerevisiae* beta-oxidation enzymes. *Yeast* 17(2000) 188-200.
2. B. Rost and C. Sander, Prediction of protein secondary structure at better than 70% accuracy. *J. Mol. Biol.* 232 (1993) 584-599.
3. B. Rost and C. Sander, Improved prediction of protein secondary structure by use of sequence profiles and neural networks. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 90 (1993) 7558-7562.
4. B. Rost and C. Sander, Secondary structure prediction of all-helical proteins in two states. *Prot. Engin.* 6 (1993) 831- 836.
5. B. Rost and C. Sander, Combining evolutionary information and neural networks to predict protein secondary structure. *Proteins* 19 (1994) 55-72.
6. B. Rost, C. Sander and R. Schneider, PHD - an automatic server for protein secondary structure prediction. *CABIOS* 10 (1994) 53-60.
7. B. Rost, R. Casadio, P. Fariselli and C. Sander, Prediction of helical transmembrane segments at 95% accuracy. *Prot. Sci.* 4 (1995) 521-533.
8. B. Rost, R. Casadio and P. Fariselli, Refining neural network predictions for helical transmembrane proteins by dynamic programming. In: D. States, P. Agarwal, T. Gaasterland, L. Hunter and R. F. Smith (eds.), Fourth International Conference on Intelligent Systems for Molecular Biology. Menlo Park, CA: AAAI Press, St. Louis, M.O., U.S.A., 1996, pp. 192-200.
9. B. Rost, R. Casadio and P. Fariselli, Topology prediction for helical transmembrane proteins at 86% accuracy. *Prot. Sci.* 5 (1996) 1704-1718.
10. B. Rost and C. Sander, Conservation and prediction of solvent accessibility in protein families. *Proteins* 20 (1994) 216-226.
11. B. Rost, PHD: predicting one-dimensional protein structure by profile based neural networks. *Meth. Enzymol.* 266 (1996) 525-539.
12. B. Rost: PHD: predicting one-dimensional protein structure by profile based neural networks. *Methods in Enzymology*, 266, 525-539, 1996
13. Burkhard Rost "Neural networks predict protein structure: hype or hit?", *Artificial Intelligence and Heuristic Methods in Bioinformatics* Paolo Frasconi and Ron Shamir (eds.)
14. Chahine, J., Ruggiero, J. R., Scott, L. P. B., "Prediction of Protein Structures Using a Hopfield Network". *Dept. de Física, Ibilce, Unesp.*
15. E. Garner, P. Cannon, P. Romero, Z. Obradovic and A. K. Dunker, Predicting disordered regions from amino acid sequence: common themes despite differing structural characterization. *Genome Inform.* 9 (1998) 201-214.
16. F. J. Lebeda and M. A. Olson, Predicting differential antigen-antibody contact regions based on solvent accessibility. *J. Prot. Chem.* 16 (1997) 607-618.
17. G. Mlinsek, M. Novic, M. Hodoscek and T. Solmajer, Prediction of enzyme binding: human thrombin inhibition study by quantum chemical and artificial intelligence methods based on X-ray structures. *J Chem Inf Comput Sci* 41 (2001) 1286-1294.
18. G. Pollastri, D. Przybylski, B. Rost, P. Baldi, "Improving the Prediction of Protein Secondary Structure in Three and Eight Classes Using Recurrent Neural Networks and Profiles", *Proteins*, 47, 228-235, 2002
19. G. Pollastri, P. Baldi, P. Fariselli, R. Casadio, "Prediction of Coordination Number and Relative Solvent Accessibility in Proteins", *Proteins*, 47, 142-153, 2002.
20. G. Pollastri, Baldi, P., Fariselli, P., Casadio, R., "Improved Prediction of the Number of Residue Contacts in Proteins by Recurrent Neural Networks", *Bioinformatics*, 17 Suppl 1, S234-S242 (2001).
21. G. Pollastri, P. Baldi, "Prediction of Contact Maps by Recurrent Neural Network Architectures and Hidden Context

Propagation from All Four Cardinal Corners", *Bioinformatics*, 18 Suppl 1, S62-S70 (2002).

22. H. Bohr, J. Bohr, S. Brunak, R. M. J. Cotterill, B. Lautrup, L. Nørskov, O. H. Olsen and S. B. Petersen, Protein secondary structure and homology by neural networks. *FEBS Lett.* 241 (1988) 223-228
23. H. Nielsen, J. Engelbrecht, S. Brunak and G. von Heijne, Identification of prokaryotic and eukaryotic signal peptides and prediction of their cleavage sites. *Prot. Engin.* 10 (1997) 1-6. IOS Press, Amsterdam 2003, ISBN 1-58603-294-1, pp. 34-50
24. H. Nielsen, J. Engelbrecht, S. Brunak and G. von Heijne, A neural network method for identification of prokaryotic and eukaryotic signal peptides and prediction of their cleavage sites. *International Journal of Neural Systems* 8 (1997) 581-599.
25. H. Nielsen, S. Brunak and G. von Heijne, Machine learning approaches for the prediction of signal peptides and other protein sorting signals. *Prot. Engin.* 12 (1999) 3-9.
26. J. Cheng, A. Randall, M. Sweredoski, P. Baldi, "SCRATCH: a Protein Structure and Structural Feature Prediction Server", *Nucleic Acids Research*, Web Server Issue, vol. 33, w72-76, 2005
27. J. Cheng A. Randall, P. Baldi. Prediction of Protein Stability Changes for Single-Site Mutations Using Support Vector Machines. *Proteins*, vol. 62, no. 4, pp. 1125-1132, 2006.
28. J. Cheng, M. Sweredoski, P. Baldi. DOMpro: Protein Domain Prediction Using Profiles, Secondary Structure, Relative Solvent Accessibility, and Recursive Neural Networks. *Knowledge Discovery and Data Mining*, vol. 13, no. 1, pp. 1-20, 2006.
29. J. Cheng, H. Saigo, P. Baldi, Large-Scale Prediction of Disulphide Bridges Using Kernel Methods, Two-Dimensional Recursive Neural Networks, and Weighted Graph Matching, *Proteins*, vol. 62, no. 3, pp. 617-629, 2006.
30. J. Cheng and P. Baldi, Three-Stage Prediction of Protein Beta-Sheets by Neural Networks, Alignments, and Graph Algorithms, *Bioinformatics*, vol. 21, Suppl 1, pp. i75-84, 2005
31. J. Cheng, M. Sweredoski, P. Baldi, Accurate Prediction of Protein Disordered Regions by Mining Protein Structure Data, *Data Mining and Knowledge Discovery*, vol. 11, no. 3, pp. 213-222, 2005.
32. J. Hansen, O. Lund, N. Tolstrup, A. A. Gooley, K. L. Williams and S. Brunak, NetOglyc: Prediction of mucin type Oglycosylation sites based on sequence context and surface accessibility. *Glycoconjugate Journal* 15 (1998) 115-130.
33. J. L. Herrmann, R. Delahay, A. Gallagher, B. Robertson and D. Young, Analysis of post-translational modification of mycobacterial proteins using a cassette expression system. *FEBS Lett.* 473 (2000) 358-362.
34. John Hawkins, Mikael Bodén. "The Applicability of Recurrent Neural Networks for Biological Sequence Analysis," *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*, vol. 2, no. 3, pp. 243-253, July-September, 2005.
35. J. Murvai, K. Vlahovicek, C. Szepesvari and S. Pongor, Prediction of protein functional domains from sequences using artificial neural networks. *Genome Res.* 11 (2001) 1410-1417.
36. J. S. Fetrow, M. J. Palumbo and G. Berg, Patterns, structures, and amino acid frequencies in structural building blocks, a protein secondary structure classification scheme. *Proteins* 27 (1997) 249-271.
37. K. Gulukota and C. DeLisi, Neural network method for predicting peptides that bind major histocompatibility complex molecules. *Meth. Mol. Biol.* 156 (2001) 201-209.
38. K. Gulukota, J. Sidney, A. Sette and C. DeLisi, Two complementary methods for predicting peptides binding major histocompatibility complex molecules. *J. Mol. Biol.* 267 (1997) 1258-1267.
39. K. Nakai, Protein sorting signals and prediction of subcellular localization. *Adv Protein Chem* 54 (2000) 277-344.
40. K. Nakai, Review: prediction of in vivo fates of proteins in the era of genomics and proteomics. *J. Struct. Biol.* 134 (2001) 103-116.

41. L. M. Iakoucheva, A. L. Kimzey, C. D. Masselon, J. E. Bruce, E. C. Garner, C. J. Brown, A. K. Dunker, R. D. Smith and E. J. Ackerman, Identification of intrinsic order and disorder in the DNA repair protein XPA. *Prot. Sci.* 10 (2001) 560-571.
42. M. A. Andrade, P. Chacón, J. J. Merelo and F. Morán, Evaluation of secondary structure of proteins from UV circular dichroism spectra using an unsupervised learning neural network. *Prot. Engin.* 6 (1993) 383-390.
43. M. C. Honeyman, V. Brusica, N. L. Stone and L. C. Harrison, Neural network-based prediction of candidate T-cell epitopes. *Nat. Biotechnol.* 16 (1998) 966-969.
44. N. Blom, J. Hansen, D. Blaas and S. Brunak, Cleavage site analysis in picornaviral polyproteins: discovering cellular targets by neural networks. *Prot. Sci.* 5 (1996) 2203-2216.
45. N. Qian and T. J. Sejnowski, Predicting the secondary structure of globular proteins using neural network models. *J.Mol. Biol.* 202 (1988) 865-884.
46. O Lund, K Frimand, J Gorodkin, H Bohr, J Bohr, J Hansen, and S Brunak:Protein distance constraints predicted by neural networks and probability density functions. *Protein Engineering*, 10, 1241-1248, 1997"
47. P.Baldi, G.Pollastri, "Machine Learning Structural and Functional Proteomics", *IEEE Intelligent Systems* (Intelligent Systems in Biology II), March/April 2002
48. P. Baldi, J. Cheng, A. Vullo, Large-Scale Prediction of Disulphide Bond Connectivity , *Advances in Neural Information Processing Systems* 17 (NIPS 2004), L. Saul,Y. Weiss, and L. Bottou editors, MIT press, pp.97-104, Cambridge, MA, 2005.
49. P. Baldi and G. Pollastri. "The Principled Design of Large-Scale Recursive Neural Network Architectures—DAG-RNNs and the Protein Structure Prediction Problem", *Journal of Machine Learning Research*, 4, 575-602, 2003.
50. P. Romero, Z. Obradovic, C. Kissinger, J. E. Villafranca, E. Garner, S. Guilliot and A. K. Dunker, Thousands of proteins likely to have long disordered regions. *Pac. Symp. Biocomput.* 3 (1998) 437-448.
51. P. Romero, Z. Obradovic and A. K. Dunker, Folding minimal sequences: the lower bound for sequence complexity of globular proteins. *FEBS Lett.* 462 (1999) 363-367.
52. P. Wrede, O. Landt, S. Klages, A. Fatemi, U. Hahn and G. Schneider, Peptide design aided by neural networks: biological activity of artificial signal peptidase I cleavage sites. *Biochem.* 37 (1998) 3588-3593.
53. R. Casadio, P. Fariselli, C. Taroni and M. Compiani, A predictor of transmembrane α -helix domains of proteins based on neural networks. *European Journal of Biophysics* (1994) submitted, 8/94.
54. R. Casadio, P. Fariselli, C. Taroni and M. Compiani, A predictor of transmembrane α -helix domains of proteins based on neural networks. *European Journal of Biophysics* 24 (1996) 165-178.
55. R. Gupta, E. Jung, A. A. Gooley, K. L. Williams, S. Brunak and J. Hansen, Scanning the available *Dictyosteliumdiscoideum* proteome for O-linked GlcNAc glycosylation sites using neural networks. *Glycobiology* 9 (1999) 1009-1022.

Clasificación Automática Sensible al costo para la Detección de Neuropatías Periféricas Focales

Lyda Peña

Universidad Autónoma de Occidente,
Departamento de Ciencias de la Información
Cali, Colombia
lpena@uao.edu.co

Jorge Eduardo Gutiérrez

Universidad del Valle, Departamento de
Medicina Física y Rehabilitación
Cali, Colombia
jegutier@uniweb.net.co

ABSTRACT

Interpreting electrophysiological studies is essentially a classification task. In the medical dominium, errors of classification can be very costly. Machine learning methods are computer tools that induce classification rules from raw data and can be adjusted to reduce the costs of misclassification. This paper presents the development of a cost-sensitive computer model using supervised classification algorithms for automated detection of focal neuropathies. The study was based on 352 sets of nerve conduction studies (NCSs) from three different laboratories. Each input data set was formed by 22 attributes. The input sets were classified into five neuropathy subgroups depending on the type of nerve damage plus one additional group for normal findings. The dataset was presented to 12 different supervised classifiers and three meta-classifiers. A cost-sensitive meta-classifier and 6 feature subset selection algorithms were also included in the analysis. The accuracy of the classifiers was estimated using 10-fold-cross-validation and the costs of misclassification were calculated using a cost matrix. A classification accuracy of 100 % was reached for the detection of pathologic patterns. The accuracy for focal neuropathies classification was 95.46% using a subset of only 12 attributes. The cost of misclassification was significantly decreased.

Keywords: Machine Learning, Supervised Classification, cost-sensitive classification, feature subset selection, peripheral neuropathy, focal neuropathy, nerve conduction studies, EMG.

RESUMEN

La interpretación de estudios electrofisiológicos es esencialmente una tarea de clasificación. En el campo médico, los errores de clasificación resultan bastante costosos. Los métodos de Aprendizaje Automático son herramientas computacionales que inducen reglas de clasificación a partir de un conjunto de datos conocidos y que pueden ajustarse para reducir el costo de malas clasificaciones. Este documento presenta el desarrollo de un modelo computacional sensible a costo que emplea algoritmos de clasificación supervisada para la detección automática de neuropatías focales. El estudio se basó en 352 estudios de conducción nerviosa. Cada conjunto de datos de entrada incluía 22 atributos, estos conjuntos fueron clasificados en cinco subgrupos de neuropatías dependiendo del tipo de daño nervioso, adicionando un grupo para los casos normales. El conjunto de datos fue presentado a 12 clasificadores diferentes y tres metaclasificadores, se incluyó un metaclasificador sensible al costo y 6 algoritmos para selección de características. La precisión de los clasificadores fue estimada usando validación cruzada y para el una matriz de costo para la mala clasificación. Se alcanzó una precisión de clasificación de 100% en patrones patológicos, y del 95.46% para la clasificación de neuropatías sobre un subconjunto de 12 atributos, disminuyendo el costo de mala clasificación.

Palabras claves: Aprendizaje Automático, Clasificación Supervisada, Clasificación sensible al costo, Selección de Características, Neuropatía Periférica, Neuropatía Focal, Estudios de NervoConducción, Electromiografía.

INTRODUCCIÓN

Casi todas las decisiones médicas pueden ser vistas como búsquedas en un espacio apropiado, los espacios de búsqueda médicos son grandes, complejos y manejan gran cantidad de información para llegar generalmente a una decisión única.

Los algoritmos de Aprendizaje Automático, denominados comúnmente como *Machine Learning*, son algoritmos que pueden aprender de la experiencia, a partir de la cual generan clasificadores basados en hipótesis, reglas y modelos que explican las relaciones existentes entre los datos. Una de las propiedades más importantes de los métodos de aprendizaje automático es su capacidad de generalización, que se refleja en la posibilidad de clasificar casos que no fueron presentados durante el entrenamiento.

La mayoría de algoritmos de aprendizaje supervisado buscan disminuir el número de errores al predecir la clasificación de datos no conocidos previamente. Esto asume que todos los errores de clasificación tienen el mismo costo, pero en muchos campos, incluido el médico, los costos de los errores de clasificación son diferentes y dependen de la clase predicha del ejemplo y de su clase real [13]. Los algoritmos de aprendizaje automático pueden ser ajustados para disminuir este tipo de costos.

El Electrodiagnóstico es definido por la Asociación Americana de Medicina Neuromuscular y Electrodiagnóstica (AANEM) como “los métodos científicos de registrar y analizar potenciales eléctricos biológicos de los sistemas nerviosos central, periférico, autónomo y de los músculos [1]”. La Medicina Electrodiagnóstica se basa en pruebas neurofisiológicas que apoyan la toma de decisiones diagnósticas en enfermedades neuro-musculares y, a diferencia de otros métodos diagnósticos, dependen en gran parte de la experiencia y del conocimiento del examinador [6]. Por tal razón, es deseable contar con un sistema de apoyo a la toma de decisiones diagnósticas que sea confiable para ser considerado como una segunda opinión.

Una aplicación por excelencia de los estudios electrodiagnósticos es la detección de neuropatías focales, especialmente en miembros superiores, ya que estas patologías presentan alta incidencia y gran impacto económico.

En el presente trabajo se busca generar un modelo computacional de aprendizaje automático que mejore la eficiencia y la confiabilidad de los estudios electrodiagnósticos en el problema específico de la predicción de las neuropatías periféricas focales, maximizando la probabilidad de un diagnóstico correcto y disminuyendo el costo de la mala clasificación.

1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Diversos trabajos han sido desarrollados en la búsqueda de herramientas de aprendizaje automático para apoyar procesos de diagnóstico médico, específicamente en el campo de electrodiagnóstico se cuentan los siguientes: Pattichis y colaboradores usaron redes neuronales artificiales para diferenciar entre patologías miopáticas y neuropáticas basándose en los parámetros del potencial de acción de unidad motora (PAUM) en la electromiografía de aguja [12]. Giacometti y colaboradores diseñaron un sistema híbrido llamado SHADE que usa redes neuronales combinadas con sistemas expertos para diagnóstico de enfermedades neuromusculares usando parámetros obtenidos de estudios de neuroconducción [7]. Cristodolou describió una red neuronal que realiza descomposición del patrón de interferencia en PAUMs individuales y clasifica enfermedades neuromusculares [5]. Zazula utilizó redes neuronales artificiales para descomposición automática de electromiografía de superficie (SEMG) [19]. Jervis diseñó una red neuronal artificial para interpretación de potenciales evocados cognitivos [10]. Schizas y colaboradores describieron una red neuronal artificial para clasificación de señales de macroelectromiografía (MacroEMG) [17]. Guler y Kocer compararon máquinas de soporte de vectores y redes neuronales en el diagnóstico de enfermedades neuromusculares basándose en señales de electromiografía de aguja [8]. Kumaravel y Kavitha usaron redes neuronales artificiales para diagnóstico de enfermedades neuro-musculares basándose en la extracción de patrones electromiográficos durante contracción máxima [11]. Gutierrez y Peña usaron redes neuronales artificiales para diagnóstico de neuropatías periféricas basándose en datos obtenidos en estudios de neuroconducción [9].

En la revisión de antecedentes, no se encontraron aplicaciones específicas de uso de técnicas de aprendizaje automático para disminuir el costo de mala clasificación en detección de neuropatías periféricas focales y tampoco se encontraron referencias que evalúen el papel de la selección de atributos en estudios electrodiagnósticos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Entre Enero de 2004 y Diciembre de 2005 se revisaron de forma prospectiva 5.860 estudios electrodiagnósticos

realizados en tres laboratorios de neurofisiología clínica de Cali, Colombia. De los 5.860 estudios 2.152 correspondieron a neuropatías periféricas y de ellos 953 a neuropatías focales de miembros superiores. De los 953 estudios correspondientes a neuropatías focales de miembros superiores se seleccionó al azar una muestra de 352 casos que cumplieron además con los criterios establecidos de inclusión y exclusión.

En la Tabla 1 se observa la distribución de frecuencias de los diferentes diagnósticos presentes en los 352 casos de muestra y la codificación empleada para cada salida.

Tabla 1 Distribución de casos

Diagnóstico	Porcentaje	Codificación (salidas)
Normal	9.4 %	0
Mononeuropatía focal desmielinizante	38.4 %	1
Mononeuropatía focal axonal	24.4 %	2
Polineuropatía desmielinizante	21.6 %	3
Polineuropatía axonal	1.7 %	4
Polineuropatía mixta	4.6 %	5

Selección de Datos de Entrada

Inicialmente se consideraron 22 variables de entrada, las cuales incluían los distintos parámetros de las conducciones motoras y sensitivas de dos nervios diferentes. Los datos de la historia clínica y del examen físico (signos y síntomas) no fueron incluidos por considerarse elementos distractores que introducen ruido en el proceso de entrenamiento de los algoritmos y por la baja sensibilidad que han mostrado en los ensayos clínicos [2].

Las variables de entrada definidas para cada nervio fueron: Latencia Distal motora, Latencia Proximal Motora, Amplitud Distal Motora, Amplitud Proximal Motora, Velocidad de conducción motora segmento distal, Velocidad de conducción motora segmento proximal, Dispersión temporal motora, Latencia distal sensitiva, Amplitud sensitiva distal, Velocidad de conducción sensitiva segmento distal, Dispersión temporal sensitiva.

Software Utilizado

Para la implementación de los diferentes algoritmos de clasificación supervisada se usó el software de distribución libre Weka (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*) desarrollado en el departamento de ciencias de la computación de la Universidad de Waikato, Nueva Zelanda y disponible en: <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka>.

Evaluación Sensible al Costo

El costo de los errores de clasificación puede ser estimado construyendo una matriz de costos donde se penalicen los errores de acuerdo a su gravedad y se premien los aciertos [18] (usando ya sea un costo de cero o un valor negativo); al multiplicar la matriz de costos por la matriz de confusión (tabla de contingencia) resultante de aplicar un algoritmo de clasificación se obtiene el costo total de la mala clasificación.

En Medicina Electrodiagnóstica se considera que un falso positivo es mas grave que un falso negativo [3], por las implicaciones que esto puede tener sobre la calidad de vida de los pacientes y los costos generados por tratamientos innecesarios.

Por las anteriores consideraciones, se aplicó al conjunto de datos de este trabajo una matriz de costos compleja que se construyó asignando un valor de 10 unidades a los falsos positivos, 5 unidades a los falsos negativos, 2 unidades a los errores de clasificación entre categorías con patología y 0 unidades a los casos correctamente clasificados. Dicha matriz se aprecia en la tabla 2.

Tabla 2. Matriz de costos utilizada (unidades arbitrarias). Las filas representan las clases predichas y las columnas las clases reales.

Predicha\Real	Normal	Neuropatía focal desmielinizante	Neuropatía focal axonal	Polineuropatía desmielinizante	Polineuropatía axonal	Polineuropatía mixta
Normal	0	5	5	5	5	5
Neuropatía focal desmielinizante	10	0	1	2	2	2
Neuropatía focal axonal	10	1	0	2	2	2
Polineuropatía desmielinizante	10	2	2	0	1	1
Polineuropatía axonal	10	2	2	1	0	1
Polineuropatía mixta	10	2	2	1	1	0

Condiciones Experimentales

Los quince algoritmos de aprendizaje seleccionados se evaluaron en 4 condiciones experimentales:

1. Usando todos los 22 atributos y sin aplicar el metaclasificador sensible al costo
2. Usando todos los 22 atributos y aplicándole a cada algoritmo el metaclasificador sensible al costo
3. Usando cada uno de los subconjuntos resultantes de la selección de atributos y sin aplicar el metaclasificador sensible al costo
4. Usando cada uno de los subconjuntos de datos resultantes de la selección de atributos y aplicándole a cada algoritmo el metaclasificador sensible al costo

Parámetros y Evaluación de Resultados

Para cada algoritmo evaluado en las diversas condiciones experimentales se midió la tasa de aciertos, el índice Kappa, el costo de acuerdo a la matriz de confusión resultante y el puntaje de Provost [15].

El escaso número de observaciones, especialmente en algunas de las categorías del conjunto de datos, no permitía disponer de un grupo de entrenamiento y uno de prueba, por lo tanto se decidió evaluar el desempeño de los algoritmos usando la técnica de validación cruzada de 10-rodajas (*10-fold*) [16].

Para comparar los diversos algoritmos y definir si existían diferencias estadísticas significativas en su desempeño, se usó la prueba *t* pareada usando un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$). Como prueba base para la comparación se utilizó el perceptrón multicapa por ser el algoritmo más frecuentemente utilizado en aplicaciones médicas [14] y por haber sido aplicado previamente al mismo conjunto de datos [2].

3. RESULTADOS Y OBSERVACIONES

La tabla 3 presentan los resultados obtenidos al entrenar los diferentes algoritmos con el conjunto de datos en su totalidad y utilizando un metaclasificador sensible al costo.

Tabla 3. Evaluación del desempeño de los algoritmos de clasificación supervisada utilizando todos los atributos y el metaclasificador sensible al costo.

Método	Algoritmos Simples				Multiclasificador Sensible al Costo			
	Tasa de aciertos (%)	Índice Kappa	Costo total	Puntaje de Provost	Tasa de aciertos (%)	Índice Kappa	Costo total	Puntaje de Provost
<i>MLP</i>	94.32	0.92	59	23.48	93.46	0.91	57	26.19
<i>NaiveBayes</i>	87.5	0.83	140	-148.75	91.47	0.88	76	-14.795

<i>BayesNet</i>	88.07	0.84	115	-97.9	90.91	0.87	52	32.365
<i>SMO</i>	92.88	0.9	76	-12.68	91.47	0.88	89	-40.795
<i>RBFNetwork</i>	90.35	0.87	125	-114.48	90.06	0.86	96	-56.91
<i>SimpleLogistic</i>	93.46	0.91	66	8.19	91.76	0.89	67	3.64
<i>TreeJ48</i>	88.36	0.84	148	-163.46	91.19	0.88	74	-11.215
<i>RamdonForest</i>	94.1	0.91	51	39.15	93.1	0.91	27	85.65
<i>IB1</i>	93.19	0.91	54	31.79	91.76	0.89	74	-10.36
<i>IBK3</i>	94.04	0.92	67	7.06	92.89	0.9	67	5.335
<i>DecisiónTable</i>	89.48	0.86	114	-93.78	91.19	0.88	112	-87.215
<i>PART</i>	89.21	0.85	121	-108.19	91.19	0.88	69	-1.215
<i>Bagging</i>	94.6	0.93	30	81.9	92.89	0.9	28	83.335
<i>Satcking</i>	93.45	0.91	60	20.18	91.76	0.89	45	47.64
<i>AdaBoostM1</i>	94.88	0.91	49	44.32	9.375	0.91	25	90.625

En términos generales se observó un desempeño adecuado en la mayoría de algoritmos en términos de tasa de aciertos y costos al compararlos con el *MLP*. Una tasa de aciertos de 90% o superior es considerada adecuada como resultado de la interpretación de una prueba electrodiagnóstica en manos de un experto humano [6]. Los clasificadores bayesianos, los árboles de decisión simples y los métodos basados en reglas mostraron un desempeño inferior al comparador de base ($p < 0.05$). Ningún clasificador mostró ser estadísticamente superior en términos de tasa de aciertos o índice Kappa al *MLP* pero *Bagging* sí demostró ser estadísticamente superior al *MLP*.

En la tabla 4 se observa que, aunque para la mayoría de clasificadores disminuyó (en forma no significativa) la tasa de aciertos, el costo de mala clasificación también disminuyó y el puntaje de Provost aumentó. Este comportamiento es habitual al usar evaluación sensible al costo donde a veces es necesario sacrificar la precisión para evitar el costo de mala clasificación inherente a algunas categorías [4].

Al aplicar el metaclasificador sensible al costo se observó que los modelos computacionales complejos (redes Bayesianas, redes basadas en funciones de base radial) tuvieron un desempeño significativamente inferior al *MLP* ($p > 0.05$), mientras que *NaiveBayes*, los árboles de decisión y los algoritmos basados en reglas mejoraron su desempeño. Estos resultados concuerdan con lo publicado en la literatura donde se describe el bajo desempeño de modelos muy complejos al realizar análisis sensible al costo [18]. Al igual que en la condición experimental anterior, el costo de clasificación más bajo y el puntaje de Provost más alto se obtuvo con los metaclasificadores, siendo *AdaBoostM1* el mejor de ellos.

Selección de atributos

Los métodos de selección de atributos aplicados, realizaron la selección de un subconjunto de entre 9 y 14 variables, disminuyendo casi a la mitad el conjunto de variables propuesto inicialmente. El método *PrincipalComponents* fue descartado del análisis porque no tuvo en cuenta ningún atributo del segundo nervio pues, por definición, sería imposible detectar una polineuropatía con la información de un solo nervio. Los métodos *CfsSubsetEval* y *ConsistencySubsetEval* también fueron descartados del análisis final debido a que su desempeño en las pruebas preliminares fue muy pobre. En resumen, de los 6 métodos seleccionadores de atributos considerados inicialmente sólo tres fueron incluidos en la evaluación final (*ChiSquaredAttributeEval*, *ClassifierSubsetEval sobre SimpleLogistic* y *WrapperSubsetEval sobre SimpleLogistic*).

En la tabla 4 se presentan los resultados de la comparación de los diversos algoritmos usados después de seleccionar atributos y sin aplicar el metaclasificador sensible al costo.

Tabla 4. Evaluación del desempeño de los algoritmos de clasificación supervisada después de seleccionar

Método	ChiSquaredAttributeEval (12 atributos)				ClassifierSubsetEval (14 atributos)				WrapperSubsetEval (14 atributos)			
	TA	IK	Costo	PP	TA	IK	Costo	PP	TA	IK	Costo	PP
MLP	90.33	0.87	77	-18.51	92.89	0.9	97	-54.67	94.59	0.93	67	7.88
NaiveBayes	83.5	0.78	218	-310.38	95.26	0.8	262	-396.11	85.82	0.81	235	-341.27
BayesNet	82.93	0.77	191	-257.61	88.94	0.85	123	-112.59	85.81	0.81	221	-313.29
SMO	86.06	0.81	159	-188.91	92.87	0.9	96	-52.7	93.72	0.91	89	-38.2
RBFNetwork	86.07	0.81	117	-104.9	89.52	0.86	126	-117.72	89.21	0.85	113	-92.19
SimpleLogistic	86.07	0.81	107	-84.9	92.06	0.89	77	-15.91	92.04	0.89	78	-17.94
TreeJ48	89.21	0.85	89	-44.19	89.21	0.85	130	-126.19	89.22	0.85	120	-106.17
RamdonForest	92.34	0.9	53	32.51	94.03	0.92	49	43.05	94.29	0.92	32	74.44
IB1	93.48	0.91	49	42.22	95.46	0.94	53	37.19	94.9	0.93	41	59
IBK3	94.31	0.92	39	63.47	93.76	0.92	54	32.64	94.33	0.92	44	53.5
DecisiónTable	85.51	0.81	267	-405.74	90.35	0.87	111	-86.48	90.06	0.86	113	-90.91
PART	87.21	0.83	115	-99.19	90.37	0.87	116	-96.45	89.79	0.86	108	-81.32
Bagging	93.19	0.91	50	39.79	93.76	0.91	44	52.64	93.19	0.91	39	61.79
Satcking	82.4	0.75	105	-86.4	94.9	0.93	60	22.35	94.02	0.92	64	13.03
AdaBoostM1	92.34	0.9	52	34.51	94.03	0.92	48	45.05	94.33	0.92	31	79.5

TA – Tasa de Aciertos (%)

IK – Índice Kappa

PP – Puntaje de Provost

Al comparar los resultados obtenidos después de la selección de atributos, con los resultados obtenidos sobre el conjunto total de atributos, se observa que los clasificadores bayesianos, las redes neuronales complejas y los métodos basados en reglas empeoran su desempeño mientras que el resto de métodos tienden a tener un desempeño similar al original. Aunque la diferencia no es estadísticamente significativa, la tasa absoluta de aciertos aumentó a 95.46 % (IB1 con ClassifierSubsetEval).

Por otro lado, el mínimo costo de mala clasificación fue de 31 con un puntaje de Provost de 79.5 (AdaBoostM1 con WrapperSubsetEval) lo cual es muy similar a lo obtenido usando Bagging sobre el conjunto de datos con todos los atributos (costo de 30, puntaje de Provost de 81.9). El comportamiento anterior sugiere que no se requieren todos los atributos para realizar una clasificación adecuada y que probablemente hay atributos redundantes y otros que no contribuyen a la clasificación.

En la tabla 5 se presentan los resultados después de seleccionar atributos y de aplicarles a todos los algoritmos el metaclassificador sensible al costo.

Tabla 5. Evaluación del desempeño de los algoritmos de clasificación supervisada después de seleccionar atributos y el usar metaclassificador sensible al costo.

Metodo	ChiSquaredAttributeEval (12 atributos)				ClassifierSubsetEval (14 atributos)				WrapperSubsetEval (14 atributos)			
	TA	IK	Costo	PP	TA	IK	Costo	PP	TA	IK	Costo	PP
MLP	90.63	0.87	67	1.94	93.17	0.91	60	19.76	92.61	0.9	74	-9.09
NaiveBayes	85.51	0.8	190	-251.74	90.06	0.87	72	-8.91	91.48	0.88	63	11.22
BayesNet	87.78	0.83	108	-84.33	90.9	0.88	51	34.35	91.77	0.89	44	49.66
SMO	83.23	0.77	150	-175.16	91.19	0.88	105	-73.22	90.89	0.88	121	-105.67

<i>RBFNetwork</i>	85.51	0.8	122	-115.74	90.06	0.86	109	-82.93	89.75	0.86	82	-29.38
<i>SimpleLogistic</i>	85.22	0.79	129	-130.17	89.74	0.86	111	-87.39	91.73	0.89	103	-68.41
<i>TreeJ48</i>	90.34	0.87	65	5.51	91.2	0.88	76	-15.2	91.78	0.89	65	7.67
<i>RamdonForest</i>	92.6	0.89	54	30.9	94.89	0.93	37	68.34	94.6	0.93	50	41.9
<i>IB1</i>	92.39	0.89	69	0.59	92.36	0.9	113	-87.46	92.61	0.9	90	-41.09
<i>IBK3</i>	93.18	0.9	55	29.77	92.64	0.9	80	-23.23	93.48	0.91	52	36.22
<i>DecisiónTable</i>	88.92	0.84	95	-56.62	91.18	0.88	87	-37.23	91.18	0.88	103	-69.23
<i>PART</i>	87.78	0.83	120	-108.33	90.92	0.88	78	-19.62	90.64	0.87	73	-10.04
<i>Bagging</i>	92.61	0.89	61	16.92	92.91	0.9	64	11.37	94.05	0.92	56	29.08
<i>Satcking</i>	91.47	0.88	63	11.21	94.01	0.92	43	55.02	94.29	0.92	39	63.44
<i>AdaBoostM1</i>	92.61	0.9	54	30.92	94.9	0.93	36	70.35	94.61	0.93	49	43.92

TA – Tasa de Aciertos (%)

IK – Índice Kappa

PP – Puntaje de Provost

Se observa, al aplicar el metaclasificador sensible al costo a cada subconjunto de atributos, que todos los algoritmos presentaron un desempeño similar, es decir no hubo diferencias significativas entre ellos en la tasa de aciertos o en el índice Kappa. También se observa que aunque la tasa de aciertos se mantuvo alta no se logro una disminución en el costo total de mala clasificación como sí se había logrado al aplicar el metaclasificador al conjunto de datos inicial con los 22 atributos (tabla 3).

A pesar de ello se considera que los resultados, en términos de precisión y de reducción de costo de mala clasificación, son bastante adecuados y permiten elaborar modelos más sencillos y fáciles de aplicar que los generados usando los 22 atributos.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se generaron varios modelos computacionales de clasificación supervisada para detectar automáticamente neuropatías periféricas focales a partir de datos obtenidos en estudios de neuroconducción. El análisis se hizo teniendo en cuenta no solamente la precisión de la clasificación sino el costo resultante de la mala clasificación y la eliminación de atributos que no apoyen la clasificación final.

Los diferentes algoritmos utilizados mostraron un desempeño adecuado al clasificar las diversas categorías de neuropatía periférica (tasa de aciertos superior al 90%). Las diferencias en desempeño entre los diferentes algoritmos pueden ser explicadas por la forma en que manejan los datos no balanceados, por el tipo de atributos con que se entrenaron y por la complejidad de los modelos construidos.

Usando combinación de clasificadores (metaclasificadores) la tasa de aciertos mejoró y llegó al 95% lo cual se considera bastante apropiado en un contexto clínico. En los casos de patrones que combinan diversas patologías las técnicas de aprendizaje automático pueden incluso ser superiores a su contraparte humana pues consideran todas las posibles combinaciones con las que fue entrenada y no solo las más frecuentes en la práctica clínica.

Al incluir el análisis de costos se observaron diferencias mayores en el comportamiento de los algoritmos. Se demostró la utilidad de incluir metaclasificadores sensibles al costo para disminuir al máximo el costo de la mala clasificación y para poder comparar en forma más adecuada los diferentes algoritmos. En este trabajo fue posible reducir los costos de la mala clasificación sin sacrificar excesivamente la precisión según se observa en los puntajes de Provost mostrados.

Se demostró que de las 22 variables usadas rutinariamente en los estudios electrodiagnósticos algunas de ellas son redundantes o innecesarias y que bastan 9 a 12 variables para realizar una clasificación adecuada de las neuropatías focales.

También, los modelos generados pueden integrarse fácilmente en equipos de electrodiagnóstico basados en PC, para detección automática de neuropatías focales. Esto sería muy útil como una segunda opinión para el neurofisiólogo clínico, independientemente de su nivel de experticia.

A partir de los resultados obtenidos con esta investigación se pueden derivar propuestas diversas para proyectos futuros que involucren el estudio de otras patologías neuromusculares complejas como lesiones de plexo braquial o monitoria intraquirúrgica de estructuras nerviosas. También se puede considerar la construcción de una aplicación en red que permita la interacción a distancia con los modelos propuestos.

REFERENCIAS

1. AAEM: *Glossary of terms in Electrodiagnostic Medicine*. Muscle Nerve. 2001; (suppl. 10): S3-S12.
2. AAEM *Practice Parameter for Electrodiagnostic Studies in carpal tunnel syndrome*: Summary statement. Muscle Nerve. 2002; 26: 928-922.
3. Aminoff MJ. *Electromyography in Clinical Practice*. 3rd ed. New York: Churchill Livingstone Inc; 1998. p. 63-87.
4. Baldi P, Brunak S, Chauvin Y, Andersen CAF, Nielsen H. *Assessing the accuracy of prediction algorithms for classification: an overview*. Bioinformatics. 2000; 16(5): 412- 424.
5. Cristodoulou CU, Pattichis CS. *A new technique for the classification and decomposition of EMG signals*. In Proceedings of the IEEE international conference on Neural Networks. 1995; 5: 2303-2308.
6. Dumitri D. *Electrodiagnostic Medicine*. Philadelphia: Williams and Wilkins, Philadelphia; 1995. p. 7-8.
7. Giacometti A et al: *A Hybrid approach to computer-aided diagnosis in electromyography*. Proceedings of the Annual International conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. 1992; 14: 1012-1013.
8. Guler NF, Kocer S. *Use of Support Vector Machines and Neural Network in Diagnosis of Neuromuscular Disorders*. J Med Sys. 2005; 29(3): 271-284.
9. Gutierrez JE, Peña L. *A Focal Neuropathy Detection Method Based On Artificial Neural Networks*. Muscle & Nerve. 2003; (Supp 12): S56-57. Errata in: Muscle & Nerve. 2003; 28(6): 780-781.
10. Jervis BW. *The application of Neural Networks to interpret Evoked Potential waveforms*. In Lisboa PJ (eds): Artificial Neural networks in Biomedicine. London: Springer; 2001. p. 195-210.
11. Kumaravel N, Kavitha V. *Automatic diagnosis of neuro-muscular diseases using neural network*. Biomed Sci Instrum. 1994; 30: 245 -50.
12. Pattichis CS, Schizas CN, Middleton L. *Neural Networks models in EMG diagnosis*. IEEE transactions on biomedical Engineering. 1995; 42(5): 486-496.
13. Pazzani, M, Merz C, Murphy, P, Ali, K, Hume, T, Brunk, C. *Reducing misclassification costs: Knowledge-intensive approaches to learning from noisy data*. Proceedings of the Eleventh International Conference on Machine Learning. ML-94. New Brunswick: New Jersey.
14. Peña-Reyes C.A, Sipper M. *Evolutionary computation in medicine: an overview*. Artificial Intelligence in Medicine. 2000; 19 (1): 1-23
15. Provost, F.J: *Goal-directed inductive learning: Trading off accuracy for reduced error cost*. In Proceedings of the AAAI Spring Symposium on Goal-Directed Learning. Menlo Park, CA: AAAI Press; 1994.
16. Schaffer, C. (1993). *Selecting a classification method by cross-validation*. Machine Learning. 1993; 13 (1): 135-143.
17. Schizas C et al. *Unsupervised learning in computer aided macro Electromyography*. In Computer-based Medical Systems. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press; 1991. p. 305-312.
18. Turney PD. *Cost-Sensitive Classification: Empirical Evaluation of a Hybrid Genetic Decision Tree Induction Algorithm*. Journal of Artificial Intelligence Research. 1995; 2:369- 409.
19. Zazula D, Korosec, D, Sostaric *A Computer-assisted decomposition of the electromyograms*. In Proceedings of the 11th IEEE symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS 98). Washington DC: IEEE Computer Society; 1998. p. 26 - 31.

COMERCIO ELECTRÓNICO

Modelo Arquitectónico Neutral Para la Interoperabilidad de Plataformas de Gestión del Aprendizaje

Julio C. Rodríguez Ribón

Universidad Politécnica de Madrid,
Universidad de Cartagena, Departamento de
Ingenieros de Telecomunicaciones, España.
jcrr@dit.upm.es

Tomás P. de Miguel Moro

Universidad Politécnica de Madrid,
Departamento de Ingenieros de
Telecomunicaciones, España.
tmiguel@dit.upm.es

ABSTRACT

Web Based Training (WBT) is one of the currents within the field of e-learning with greater development. It supports its instructional activities on tools named LMS. There is a diversity of LMS, which in general do not have an architectonic factor common to share their resources of learning. This generates a technological problem at the time of making joint degrees between institutions that support their activities of learning on LMS. This work proposes a solution to this problem, for it initially is made an evaluation of LMS. Followed one comments about the problem of the interoperability. Later the mentioned proposal is made and finally a scene is described in which this proposal is implemented.

Keywords: e-learning, LMS, architecture, middleware, interoperability.

RESUMEN

El entrenamiento soportado en tecnologías de la Web (WBT) es una de las corrientes dentro del campo del e-learning con más alto desarrollo. Este soporta sus actividades de formación en herramientas denominadas LMS. Existe diversidad de estas herramientas, conocidas también como plataformas de gestión del aprendizaje. Por lo general, no incorporan un factor arquitectónico común que permita compartir sus recursos de aprendizaje con otros LMS. Esto genera un problema tecnológico al momento de realizar titulaciones conjuntas entre instituciones que utilizan diferentes LMS para realizar actividades educativas. El presente trabajo propone una solución a este problema, para lo cual inicialmente se realiza una evaluación de plataformas LMS. Posteriormente se trata el problema de la interoperabilidad para finalmente describir una propuesta de arquitectura neutral para la interoperabilidad entre LMS, la cual es evaluada en un caso de estudio real.

Palabras claves: arquitectura, e-learning, interoperabilidad, LMS, middleware.

1. INTRODUCCION

Las Plataformas de Gestión del Aprendizaje son conocidas también en la literatura como LMS (Learning Management Systems). Son herramientas que permiten gestionar y distribuir recursos de aprendizajes e información de los aprendices a través de la Web, es decir, integran herramientas de colaboración y de gestión que facilitan el desarrollo de procesos de enseñanza-aprendizaje soportados en las tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC), por tal, son el componente tecnológico que posibilita el desarrollo de las titulaciones en ambientes de e-learning.

En los últimos años han aparecido diversidad de LMS, muchas han sido objeto de investigación por diversas organizaciones en el ámbito mundial, como es el caso de la Universidad de Maryland [10], la UNESCO [28], la Universidad de Deakin [4], Centre for curriculum, Technology & Transfer [3], la Universidad de Manitoba [9], entre otros.

Los LMS incorporan variedad de herramientas que posibilitan la comunicación asíncrona, como es el caso del e-mail, foros, agendas, Web personales, etc.. Para el caso de la comunicación síncrona se observa una escasa incorporación de tecnologías, destacándose el Chat como la herramienta más utilizada, aunque existe un bajo rango de LMS que implementan herramientas de pizarras, audio y videoconferencia.

Para la industria del e-learning es importante garantizar la portabilidad de los contenidos de aprendizaje, por esta razón se observa que muchos LMS soportan iniciativas de estandarización para estructurar éstos contenidos, entre estas iniciativas la más utilizada es ADL-SCORM [13]. Sin embargo todavía existe gran cantidad de LMS que estructuran sus contenidos y recursos de aprendizaje con formatos propios (Figura 1).

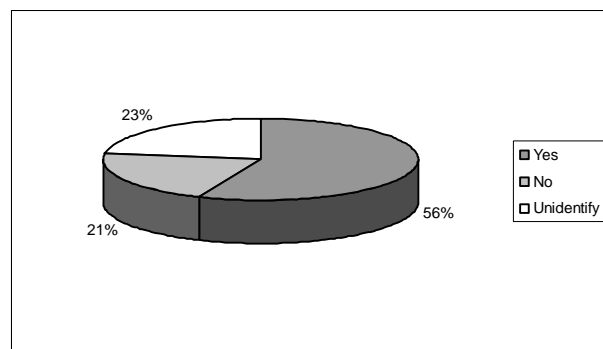


Figura 1. Porcentaje de LMS que soportan iniciativas de estandarización de contenidos de aprendizajes (Fuente: Evaluación de los autores de 48 LMS).

2. ARQUITECTURA DE PLATAFORMAS DE GESTION DEL APRENDIZAJE

Una arquitectura de plataformas LMS permite conceptualizar la estructura de estos sistemas, es decir, permite identificar como están contruidos y el grado de implementación de sus componentes. Lo anterior da la base para la interoperabilidad entre diferentes LMS y sirve de referencia para el diseño e implementación de nuevas plataformas.

A la fecha, no se puede identificar un estándar arquitectónico que la industria de LMS tome como referencia para construir estos sistemas. Cada sistema es creado para atender sus propios requerimientos, por tal, presenta una arquitectura propietaria, en ella generalmente se implementan parte de las funcionalidades que debe poseer un LMS, dependiendo de la función para la cual fueron creados.

Es necesario tomar como referencia una arquitectura que permita entender a las plataformas LMS. IEEE 1484.1 Learning Technology System Architecture (LTSA) [5] es una iniciativa adecuada que puede ser tomada como referencia para entender la arquitectura de estas plataformas. Ella propone una arquitectura de alto nivel para sistemas de aprendizaje, educación y entrenamiento soportado en tecnologías de la información, describiendo el diseño y componentes de estos sistemas. Este estándar es neutral respecto a la parte pedagógica, los contenidos, la cultura y las plataformas, por lo cual, identifica bien a este tipo de plataformas.

LTSA provee una estructura para entender sistemas existentes y futuros, promueve la interoperabilidad y portabilidad identificando interfaces de sistemas críticos e incorpora un horizonte técnico (Aplicabilidad) para los próximos 5 a 10 años [5].

LTSA especifica 5 capas (Figura 2); sólo la capa 3 (System Components) es normativa dentro del estándar, las demás son informativas. La parte normativa es la esencia del estándar, coloca requisitos técnicos a las implementaciones. La parte informativa sirve de ayuda para clarificar el documento, muestra ejemplos y guías, pero no contiene requisitos técnicos y no forma parte integral del estándar.

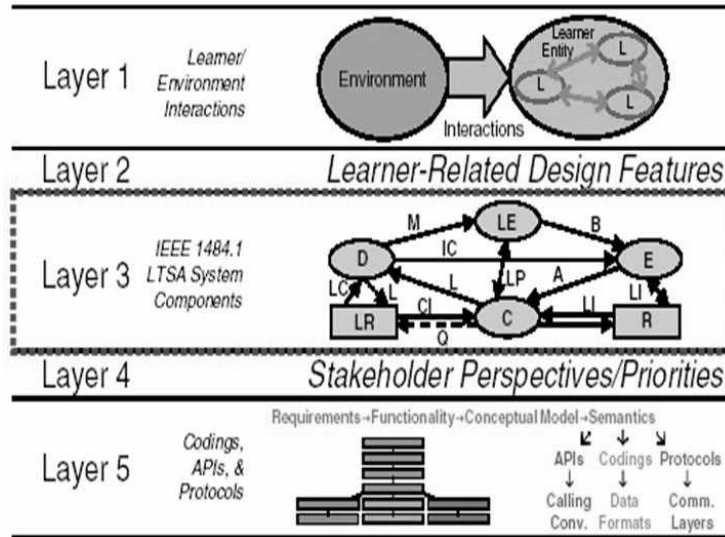


Figura 2. Capas de la Arquitectura LTSA. Fuente: IEEE Draft Standard for Learning Technology [5].

3. POR QUÉ LA INTEROPERABILIDAD?

Dentro del e-learning es muy importante el intercambio fluido de experiencias de aprendizaje, lo que posibilita la colaboración entre organizaciones, fortaleciendo las actividades de formación que desarrollan, llevando a mejorarlas y a ampliar la variedad de recursos ofrecidos a los estudiantes.

Actualmente, los escenarios de colaboración para el intercambio de experiencias de aprendizaje son muy pobres debido a que existe un fuerte aislamiento. Las diferentes organizaciones generan una serie de recursos propietarios producto de sus experiencias de aprendizajes (por ejemplo: contenidos), los cuales están dispuestos a compartir, pero los medios que hay para ello no son los más adecuados, por lo que estos recursos se mantienen herméticamente, sólo a disposición de sus usuarios.

Sin embargo, lo anterior, va en contra del espíritu del e-learning que, precisamente busca facilitar a través del soporte tecnológico el acceso global a las experiencias de aprendizaje generadas de las actividades de formación que se desarrollan en el interior de las organizaciones, aspecto clave de desarrollo en la era de la información.

Claramente se está desaprovechando la oportunidad que ofrecen las tecnologías de la información y de las comunicaciones para globalizar el conocimiento, ya que existen grandes oportunidades de cooperación a nivel organizacional sin embargo se ven afectadas por un problema que aún no se ha solucionado.

Actualmente, la solución más común que ofrecen los LMS para compartir recursos de aprendizaje con otras plataformas, consiste en implementar funcionalidades para exportar y migrar estos recursos, sin embargo esto se aplica generalmente a los contenidos de aprendizaje, pero no a otros recursos de las actividades de e-learning, como es el caso de registros de aprendices, evaluaciones, preferencias de aprendizajes, entre otros. Puede decirse que esta solución verdaderamente permite la portabilidad de los contenidos de aprendizaje, más no la interoperabilidad de éstos con diversas plataformas LMS.

Los LMS no ofrecen herramientas para interoperar directamente con otros LMS, es decir, ellos no presentan funcionalidades que les permitan interoperar de forma directa con los recursos de aprendizajes de otros LMS, sin necesidad de migrar estos recursos.

A nivel mundial, muchas organizaciones se encuentran proyectando ofrecer soluciones de actividades de formación soportadas en tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC), especialmente sobre la Internet. Existe una variedad de soluciones tecnológicas de plataformas LMS que estas organizaciones pueden utilizar para lograr sus objetivos. Sin embargo estas plataformas no siempre utilizan iniciativas de estandarización para estructurar sus recursos de aprendizaje, sumado a que son ofrecidas por diferentes proveedores y generalmente ejecutan sobre diferentes plataformas computacionales.

Las organizaciones no quieren sentirse atadas a soluciones propietarias que no ofrezcan alternativas de elección, debido a que se hace costosa la migración posterior hacia otro LMS, el licenciamiento, know-how y la portabilidad de contenidos de aprendizaje, la cual suele ser costosa, conlleva tiempo y personal especializado para ello. Las organizaciones demandan que sus LMS permitan fácilmente integrar recursos de aprendizaje producidos por la industria, como es el caso de los contenidos de aprendizaje.

La Interoperabilidad de forma directa presenta diversas ventajas: permite a las organizaciones, proteger la inversión que han realizado en implementar o implantar sus LMS. Esto posibilita un desarrollo del mercado del e-learning con esfuerzos conjuntos, especialmente el de los contenidos de aprendizaje, ya que cada industria del e-learning puede dedicarse a lo suyo y en especial la industria de LMS puede dedicarse a fortalecer sus soluciones.

La interoperabilidad ofrece ventajas competitivas a las diversas organizaciones, permitiendo compartir recursos y posibilitando la colaboración. Por ejemplo, para el caso de titulaciones conjuntas, cada organización permitirá a los usuarios continuar utilizando sus respectivos LMS, con sus características particulares (lenguajes, zonas horarias, interfaces, variedad cultural, etc.) de la misma forma como lo han venido realizando. Esto permitirá disminuir las barreras tecnológicas, en tiempo que las organizaciones pueden centrar sus esfuerzos a resolver problemas administrativos y académicos.

4. MODELO ARQUITECTÓNICO NEUTRAL PARA LA INTEROPERABILIDAD DE PLATAFORMAS DE GESTIÓN DEL APRENDIZAJE

La interoperabilidad entre LMS, permite a cada uno de estos administrar sus propios recursos de aprendizajes. Cada LMS posee su propia lógica de negocio; ellos implementan diferentes tecnologías y son diseñados en diversos lenguajes de programación, debido a esto, para lograr la interoperabilidad es necesario implementar componentes middleware que hagan posible acceder a los recursos de aprendizaje.

Actualmente, existen iniciativas middleware que permiten la interoperabilidad entre sistemas de forma exitosa. Ellas utilizan diferentes protocolos de comunicación. Ejemplo de estas iniciativas son CORBA, ADA 95 SDA (Distributed System Annex), JAVA / RMI (Remote Method Invocation) y Web Services.

Las arquitecturas middleware permiten la interoperabilidad, es decir, permiten a objetos definidos dentro de un modelo de distribución comunicarse con otros objetos remotos de un modelo de distribución diferente [6].

Una de las soluciones más utilizadas para la interoperabilidad entre LMS, consiste en implementar pasarelas (gateways) entre cada uno de éstos (Figura 3). Sin embargo, esta solución no es óptima, debido a que puede ser costosa para implementar una nueva pasarela para cada nuevo LMS participante de una actividad de e-learning. En muchos casos esta solución no permite la reutilización del código con el que se ha implementado cada pasarela.

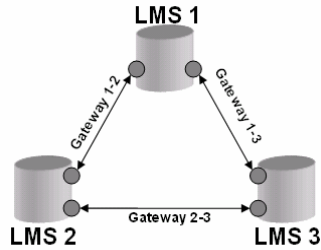


Figura 3. Interoperabilidad entre LMS usando pasarelas (gateways).

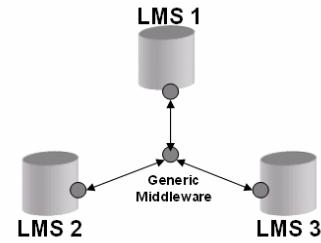


Figura 4. Interoperabilidad entre LMS usando Middlewares (Middleware to middleware).

Una alternativa que aporta un punto de equilibrio tecnológico a la solución del problema de la interoperabilidad entre diversos LMS, consiste en implementar para cada uno de ellos, componentes middleware con las funcionalidades específicas de cada uno de éstos (estructuras de almacenamiento de información, interfaces, etc.) y la implementación de un middleware neutral con funcionalidades que son común a todos los LMS, por ejemplo: conversión de formatos, seguridad, transporte, etc.; esto permitirá la comunicación entre middlewares, es decir, se implementa una arquitectura middleware to middleware (Figura 4) que disminuye la complejidad en el momento de que un nuevo LMS desee interoperar con otro, debido a que sólo debe implementar sus funcionalidades específicas.

Una arquitectura neutral de interoperabilidad entre LMS con alto nivel de abstracción, permite un marco de referencia para la implementación de componentes que posibilitan la colaboración entre diferentes LMS, posibilitando compartir recursos de aprendizaje y registros de aprendices, administrados cada cual desde su respectivos LMS (Figura 5).

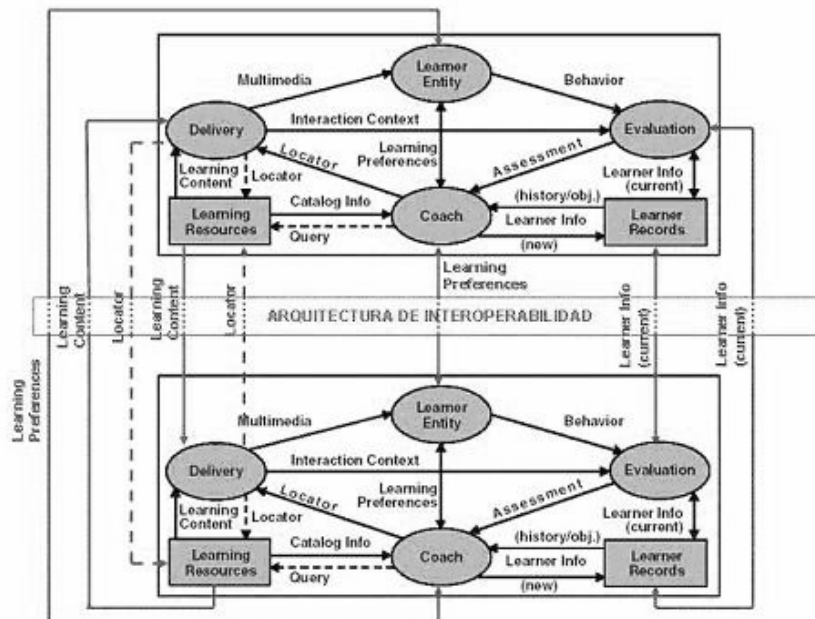


Figura 5. Arquitectura de interoperabilidad entre LMS (Basado en IEEE P1484.1/D9 - LTSA).

En resumen, dentro del marco de la interoperabilidad entre LMS, el modelo arquitectónico permitirá los siguientes procesos:

- Los estilos de aprendizaje, reglas y estrategias, etc. son negociados entre estudiantes y otros stakeholders (participantes de la actividad de e-learning). Estos son comunicados como preferencias de aprendizaje.
- Los estudiantes son observados y evaluados dentro del contexto de interacciones multimedia que implementa cada LMS.

- c. La información de los estudiantes es almacenada en la base de datos histórica de cada LMS.
- d. El Delivery de cada LMS colaborante permite visualizar los contenidos de aprendizaje y registros de aprendices de su contraparte, lo cual realiza por medio de elementos denominados “locators” y transforman estos contenidos en presentaciones multimedia interactivas para los estudiantes.

Una arquitectura middleware genérica [6] se convierte en un punto de equilibrio tecnológico para la interoperabilidad entre LMS. Ésta define componentes que son personalizados y sus funcionalidades pueden ser descritas principalmente por un conjunto de servicios genéricos independientes del modelo de distribución.

La iniciativa presentada por Vergnaud et all [12], es tomada como referencia para conceptualizar la arquitectura neutral de interoperabilidad entre LMS, debido a que facilita la interoperabilidad, configurabilidad y generalidad. Basados en esta iniciativa se han estructurado tres capas:

- Personalidad del LMS: Es la capa de adaptabilidad entre el LMS y el núcleo neutral, esta permite el paso de mensaje y respuesta entre el núcleo y el Delivery de los LMS. Es la única capa que debe ser programada y personalizada cada vez que se desee que un LMS interopere con otro.
- Personalidad de Protocolos: Está definida por los protocolos de transporte usados por los LMS para interoperar. Es la capa que da soporte a la comunicación de mensajes (requerimientos y respuestas) entre diversos LMS.
- Núcleo Neutral: Nivel de adaptabilidad entre las otras capas. Permite la interacción específica entre un LMS determinado y los protocolos de comunicación. Permite la comunicación entre middlewares.

La arquitectura (Figura 6) permite dar solución a tres interrogantes inmersos dentro de un marco de titulaciones conjuntas soportados en plataformas de gestión del aprendizaje que comparten sus recursos de aprendizaje: cómo un LMS encuentra los recursos disponibles de otro LMS?, cómo localiza estos recursos? Y cómo incorpora estos recursos de tal manera que pueda colocarlos disponibles a sus estudiantes?.

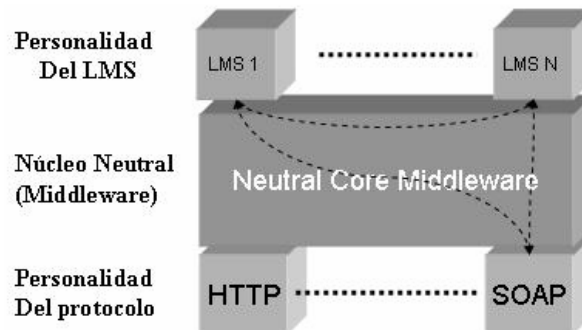


Figura 6. Arquitectura Middleware para la interoperabilidad entre LMS (Basado en la iniciativa de Vergnaud et all [12]).

La implementación de funcionalidades software tomando como referencia la arquitectura propuesta, hace posible la reutilización de código, disminuyendo tiempo y costos de implementación, debido a que agrupa las funcionalidades comunes de los LMS en los componentes del núcleo, disminuyendo los esfuerzos solo a implementar aspectos arquitectónicos específicos de cada LMS, es decir, la arquitectura especifica las interfaces que deben ser implementadas para definir la personalidad de cada LMS que interopera, por ejemplo: almacenamiento de datos e interfaces de la capa de presentación.

5. CASO DE ESTUDIO Y RESULTADOS

Claroline es una plataforma de gestión del aprendizaje [17], es una herramienta open-source soportada en php y mysql y permite a profesores o a instituciones de educación crear y administrar cursos a través de la Web.

Claroline 1.4.2 ha sido traducida a 28 lenguajes y está siendo utilizada por miles de instituciones educativas en el mundo. Esta versión no soporta iniciativas de estandarización de recursos de aprendizaje y no permite la interoperabilidad de manera directa con los recursos de otros LMS.

ATutor es otro ejemplo de LMS [14]. También es un software open-source, soportado en php y mysql. ATutor incorpora la especificación IMS / SCORM para empaquetar contenidos de aprendizaje, lo que permite la portabilidad de estos recursos, es decir, que los contenidos de aprendizaje que se han creado en otras herramientas IMS / SCORM pueden ser importadas dentro de ATutor y viceversa.

La escena a estudiar consiste en mostrar contenidos de aprendizaje desde un LMS que no incorpora iniciativas de estandarización (Claroline 1.4.2) y que se encuentran en otro que si las incorpora (ATutor 1.4), es decir, por medio de una implementación del modelo neutral se hace posible acceder de forma directa desde el Delivery de Claroline a los contenidos de aprendizaje almacenados en ATutor.

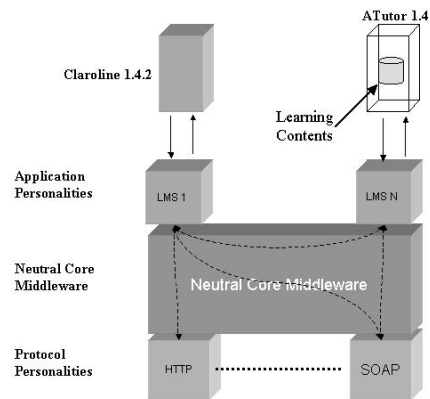


Figura 7. Interoperabilidad entre Claroline 1.4.2 y ATutor 1.4 utilizando una arquitectura middleware neutral.

La arquitectura middleware neutral ha sido implementada con tecnologías Web Services. Se han utilizado como herramienta de soporte java, apache, axis y tomcat. Un LMS que necesite interoperar (por ejemplo Claroline 1.4.2) de manera directa con los recursos de aprendizaje de ATutor 1.4, sólo necesitará invocar los Web Services del núcleo para localizar los requerimientos de recursos de aprendizaje y luego mostrarlos en su Delivery como lo considere conveniente.

Actualmente, la implementación del núcleo permite localizar y acceder a contenidos de aprendizaje de un determinado LMS de forma directa. En posteriores etapas se implementarán las funcionalidades para acceder a otros recursos de aprendizaje, como evaluaciones, información de estudiantes, archivos, etc..

Un estudiante que se encuentra localizado en una institución educativa que soporta sus actividades de e-learning en Claroline 1.4.2, puede acceder desde su delivery (interfaces de Claroline) a los cursos que se encuentran almacenados remotamente en otra institución que utilice ATutor como plataforma de gestión del aprendizaje, siendo para el estudiante, transparente la ubicación de los contenidos de aprendizaje (Figura 8 – 11).

A nivel experimental, este escenario se ha implementado para interoperar LMS ubicados en diversas Universidades; la Universidad Politécnica de Madrid (España), la Universidad de Cartagena (Colombia) y la Universidad de San Buenaventura (Sede Cartagena - Colombia), permitiendo la implementación de algunos cursos libres.



Figura 8. Curso de ATutor.

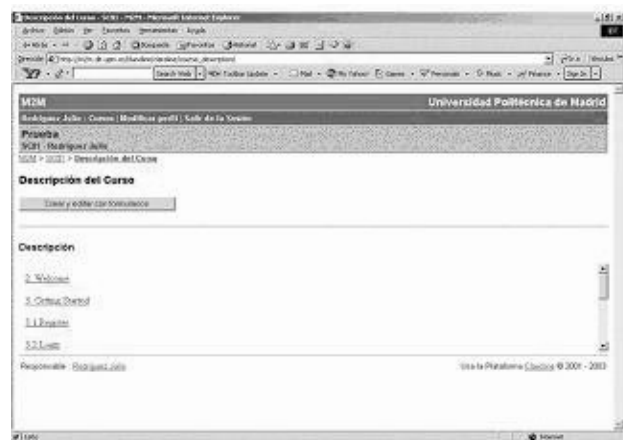


Figura 9. Claroline visualizando un curso de ATutor.



Figura 10. Ítem "Welcome" de un curso ATutor.



Figura 11. Ítem "Welcome" de un curso ATutor visualizado desde Claroline.

6. CONCLUSIONES

Las iniciativas de estandarización de las tecnologías del aprendizaje son recientes y aún necesitan madurar. La industria del e-learning viene en un proceso de crecimiento sin tener en cuenta arquitecturas de referencias que puedan permitir un desarrollo del mercado con esfuerzos conjuntos. Este proceso de crecimiento con pocos patrones de referencia, no ha posibilitado que los LMS puedan acceder a diversos recursos de aprendizaje que se encuentran por fuera de éstos, especialmente acceder a recursos desarrollados por diferentes LMS u otras tecnologías.

El e-learning busca facilitar por medio del soporte tecnológico el acceso global a experiencias generadas de las actividades de aprendizaje que desarrollan las diferentes organizaciones, sin embargo para el caso de las actividades de aprendizaje soportadas en LMS, a la fecha, esto no es posible, los escenarios de colaboración son pobres, debido a que existe aislamiento. Las organizaciones generan recursos de aprendizaje que son propietarios, los cuales están dispuestos a compartir con otras organizaciones, pero debido al problema de interoperabilidad, no es posible.

La industria del e-learning esta comenzando a aportar soluciones para resolver este problema. Para el caso de los contenidos de aprendizaje, existen iniciativas como ADL-SCORM [13]. Sin embargo, muchos LMS sólo implementan lo concerniente al empaquetamiento de contenidos, dejando por fuera soluciones como SCORM Run Time Environment [13]. Lo anterior asegura la portabilidad de contenidos pero no la interoperabilidad entre diferentes plataformas LMS. Adicionalmente, también existen gran cantidad de LMS que no incorporan ninguna clase de iniciativa de estandarización de las tecnologías del aprendizaje.

Una arquitectura neutral llega a ser una solución que permite la interoperabilidad entre LMS y otros recursos de aprendizaje y puede hacer posible la aparición de servidores especializados que se dediquen a ofrecer recursos, por ejemplo, servidores de contenidos de aprendizaje y servidores de evaluaciones. Lo anterior posibilitaría la interoperabilidad entre un sin número heterogéneo de plataformas LMS, adopten o no iniciativas de estandarización y la aparición de nuevos e-servicios.

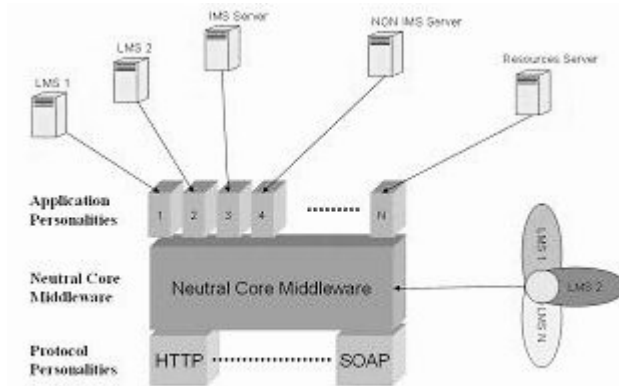


Figura 12. Interoperabilidad entre LMS y servidores que ofrecen servicios dedicados, utilizando una arquitectura Middleware neutral.

Dentro del marco de las titulaciones conjuntas realizadas entre organizaciones educativas que utilizan diversas tecnologías LMS, la arquitectura neutral aporta una solución en la implementación de estos grados académicos, ya que los participantes pueden centrar sus esfuerzos a resolver problemas administrativos y organizativos y no a dar solución a problemas de índole tecnológico.

REFERENCIAS

- [1] Avgeriou Paris (2003, June). Case Study: Emerging Reference Architectures. University of Cyprus Department of Computer Science. Available online at: <http://www.wvisa.org/wwisadg/messages/807/4255.html?1060295169>. April 2004.
- [2] Barron Tom (2002, March): Envolving Business Models in e-Learning. Available online at: <http://www.redbean.com.au/papers/EvolvBizModelsSum.pdf>. February 2003.
- [3] Centre for Curriculum, Technology & Transfer. Canada. EduTools: a web-based resource for the higher education community. Web Site: <http://www.edutools.info/course/productinfo/>. May 2004.
- [4] Deakin University. Evaluation of Corporate Applications for Online Teaching and Learning at Deakin University - Learning Management Systems. Web site: http://www.deakin.edu.au/lms_evaluation/old/LMS.htm. May 2004.
- [5] IEEE Learning Technology Standards Committee - LTSC (2001): IEEE P1484.1/D9, 2001-11-30 Draft Standard for Learning Technology — Learning Technology Systems Architecture (LTSA). Available online at: <http://ltsc.ieee.org/wg1/>. May 2002.
- [6] Quinot Thomas, Kordon Fabrice, Pautet Laurent: Towards a generic middleware. Available online at: <http://libre.act-europe.fr/polyorb/main.html>. June 2004.
- [7] Sun Microsystems (2002): e-Learning Interoperability Standards. Available online at: http://www.sun.com/products-n-solutions/edu/elearning/eLearning_Interoperability_Standards_wp.pdf. May 2002.
- [8] The Aviation Industry CBT (Computer-Based Training) Committee (AICC). "AICC FAQ (Frequently Asked Questions)". Web Site: http://www.aicc.org/pages/aicc_faq.htm. March 2003.
- [9] University of Manitoba. Tools for Developing Interactive Academic Web Courses. Web Site: <http://www.umanitoba.ca/ip/tools/courseware/resrc.html>. April 2004.
- [10] University of Maryland. Web Course Management and Development Tools. Web Site: <http://www.sunilhazari.com/education/documents/wbt.htm>. April 2004.

- [11] Urdan Trace A., Weggen Cornelia C. (2000, Marzo): Corporate E-learning: Exploring a New Frontier. Available online at: <http://www.spectrainteractive.com/pdfs/CorporateELearningHamrecht.pdf>. February 2003.
- [12] Vergnaud Thomas, Hugues Jérôme, Pautet Laurent, Kordon Fabrice: Polyorb: A Schizophrenic Middleware to Build Versatile Reliable Distributed Applications. Available online at: <http://libre.act-europe.fr/polyorb/main.html>. June 2004.

1 URLs

- [13] Advanced Distributed Learning. Web Site: <http://www.adlnet.org/>. April 2005.
- [14] ATutor. Web Site: <http://www.atutor.ca>. May 2005.
- [15] Aviation Industry CBT Committee. Web Site: www.aicc.org. March 2003.
- [16] Blackboard Academic Suite. Web Site: <http://www.blackboard.com>. May 2005.
- [17] Claroline. Web Site: <http://www.claroline.net>. May 2005.
- [18] CSCL Home Page. Web Site: <http://www.cscl-home.org/>. March 2003.
- [19] Educause. Web Site: <http://www.educause.edu>. May 2002.
- [20] Elena project. Web Site: <http://www.elena-project.org/en/index.asp?p=1-1>. June 2005.
- [21] IBM Lotus LearningSpace. Web Site: <http://www.lotus.com/lotus/offering3.nsf/wdocs/learningspacehome>. May 2005.
- [22] IEEE Institute For Electrical and Electronics Engineers. Web Site: www.ieee.org. March 2002.
- [23] IEEE Special Issue: Interoperability of Educational Systems (April 2006). International Forum of Educational Technology & Society. Web Site: <http://www.l3s.de/~olmedilla/events/interoperabilityETSissue.html>. April 2005.
- [24] IMS Global Learning Consortium, INC. Web site: www.imsglobal.org. June 2005.
- [25] Moodle. Web Site: <http://moodle.org>. May 2005.
- [26] PROLEARN. Web Site: <http://www.prolearn-project.org/>. April 2005.
- [27] The World Wide Web Consortium. Web Site: www.w3.org. March 2003.
- [28] UNESCO Free Software Portal. Web Site: http://www.unesco.org/webworld/portal_freesoft/Software/Courseware_Tools/. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. April 2004.
- [29] WebCT. Web Site: <http://www.webct.com>. May 2005.

CERTILOC: un mecanismo seguro para m-Marketing y Comercio electrónico basados en servicios de localización

BENJAMÍN RAMOS, ANA I. GONZÁLEZ-TABLAS Y ARTURO RIBAGORDA

Av. de la Universidad, 30. 28911-Leganés
Universidad Carlos III de Madrid, España
{benja1, aigonzal, arturo,}@inf.uc3m.es

ABSTRACT

The increasing importance of location-based services (LBS) has originated the rising of various kinds of business which are intimately related with this technology, such as mobile marketing (m-Marketing) in the context of electronic commerce applications. Since both m-Marketing and e-commerce are based on mobile communications and Internet, it is clear that ensuring secure transmissions and preserving data privacy are key aspects for their adequate development. It is necessary, therefore, to articulate appropriate mechanisms oriented to provide security both to the company that makes use of location-related data, and also to the user that benefits from services (advertisements, better buying offers, etc.) through a mobile device. In particular, the information related to the spatiotemporal location of an individual should be treated as highly sensitive, so its storage, transmission, etc. must be carried out carefully. The mechanism introduced in this paper, named CERTILOC, provides certified spatiotemporal evidences associated to a mobile device and its holder. Besides ensuring secure communications, the certificates proposed in this paper can also serve as key pieces in case of disputes among the parties involved in a transaction.

Keywords: e-commerce, m-Marketing, Trust Services, Privacy, Location Based Services (LBS), Spatial-temporal certificate.

RESUMEN

En los últimos años han cobrado mucha importancia los servicios de localización y, consecuentemente, ha aparecido un numeroso tipo de negocios basados en ellos, entre los cuales merece citarse el m-Marketing dirigido al comercio electrónico. Al estar basadas ambas actividades en las comunicaciones a través de telefonía móvil y redes informáticas, en especial Internet, la desconfianza en la seguridad de las transmisiones suele ser un impedimento para su desarrollo, además de poner en entredicho la privacidad y la intimidad de los clientes. Se precisa, por tanto, disponer de un mecanismo que proporcione diferentes servicios de seguridad destinados tanto a la empresa que usa los datos de localización del dispositivo móvil como al cliente que lo porta y al que se dirige la oferta publicitaria o las mejores condiciones de compra. Los datos de localización de individuos así obtenidos son datos de carácter personal, y pueden transitar y ser accedidos por multitud de dispositivos y redes. Por ello, están sujetos a estrictas regulaciones para su preservación. CERTILOC, el mecanismo propuesto, certifica evidencias espacio-temporales asociadas al dispositivo móvil y a su portador, de forma que, además de garantizar comunicaciones seguras, los certificados emitidos serán de valiosa utilidad en casos de litigios posteriores.

Palabras clave: Comercio electrónico, m-Marketing, Servicios de confianza, Privacidad, Servicios basados en la localización (LBS), Certificado espacio-temporal.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existen multitud de circunstancias que precisan de servicios de localización (*LS, Location Services*) de personas o dispositivos y cuya esquema suele consistir en detectar la presencia, en una zona determinada, de un instrumento portado por un individuo que previamente ha consentido su localización bajo reglas pactadas entre él mismo y el Servicio de Localización [14]. En ocasiones, el interés radica en disponer de evidencias que acrediten el seguimiento de un itinerario concreto [1]. Entre las situaciones más demandadas merecen citarse, entre otras, el seguimiento de artefactos móviles, el control de accesos a salas o edificios, la actividad de m-Marketing mediante telefonía móvil, el rastreo de personas a través de sensores o chips, etc. Muchos de estos servicios de valor añadido (*LBS, Location Based Services*) basan su oferta en la posibilidad de localizar al usuario demandante del servicio para proveerle de una cierta información útil en un momento determinado, por ejemplo cuando se encuentra dentro de un área definida [6] y [12]. Nótese que en el dúo entidad-dispositivo, la relación de pertenencia del mecanismo a una persona supone que al ser localizado el dispositivo es localizado realmente el usuario, es decir ha de asumirse la inequívoca propiedad del aparato por parte de la persona.

Por otra parte, la coincidencia de diferentes avances tecnológicos, como son la telefonía móvil, la interconexión de redes y los servicios de localización, propicia el desarrollo de nuevos servicios telemáticos en los que se obtiene, envía y almacena información relativa a individuos [4] y [13]. Por tratarse de datos de carácter personal, los legisladores se ven obligados a revisar aquellas parcelas del derecho encaminadas a preservar la privacidad de las personas y al respeto de su intimidad [5] y [10] y [11]. Como en estos nuevos servicios se hallan involucrados usuarios de diferentes profesiones, han de revisarse, o formularse como nuevos, los códigos de conducta en pro de un correcto uso de tales datos desde el punto de vista ético. Obviamente, las características de los datos y su variada gestión obligan a la elección de los mecanismos de seguridad más adecuados para su correcta protección [9], [17], [18] y [20].

En actividades tales como el comercio electrónico o el m-marketing, los sujetos y los objetos involucrados exigen comprobaciones fidedignas de las partes implicadas (autenticación de entidades), discreción (confidencialidad) o prevención de negaciones (no repudio). La localización de un usuario puede ser utilizada en los servicios de acreditación y sellado espacio-temporal, que son un tipo reciente de servicios de emisión de evidencias digitales (evidencias espacio-temporales, EET) que tiene por objeto poder certificar el lugar en el que se encuentra un usuario o un dispositivo móvil en un momento determinado [11] y [16].

Se trata de servicios de confianza similares a los servicios de certificación de identidad y atributos o los sistemas de credenciales. Disponer de credenciales puede utilizarse para controlar el acceso a ciertos servicios o para otorgar privilegios dependiendo de la posición actual o pasada del sujeto o del historial de esta característica. También pueden utilizarse para facilitar la asignación de responsabilidades en aplicaciones de seguimiento de recursos o entidades (por ejemplo, materiales de gran valor o peligrosos, trabajadores móviles, presos bajo libertad condicional o nodos en una red). En otros escenarios las EET pueden utilizarse para justificar la adaptación de las transacciones electrónicas o de su coste dependiendo del lugar-tiempo desde donde éstas se realizan o desde donde se utiliza un servicio [7] y [22]. Habitualmente es un tercero de confianza (TTP) la entidad que toma el rol de generador de las evidencias, que se denotará Ge.

2. TRABAJOS PREVIOS

Los servicios de localización y seguimiento empiezan a considerarse como uno de los principales pilares que sustentarán el comercio electrónico móvil, *m-commerce*. Ya han sido detectadas multitud de aplicaciones orientadas tanto al usuario final como a empresas. Entre las primeras, pueden citarse algunos servicios para el consumidor, tales como pueden ser las guías sobre el lugar de destino, los servicios de tráfico o alertas de tiempo localizadas, los anuncios dependientes de la ubicación, los buscadores o localizadores de menores, amigos o pertenencias varias (vehículos), la asistencia en carretera, etc. En cuanto a servicios para empresas, los más habituales son los servicios de navegación basada en GPS, la planificación de itinerarios, la monitorización y el control de flotas, las búsquedas en proximidad, el seguimiento de personas o recursos, el cobro de servicios dependientes de la ubicación, los estudios de geomarketing, etc.

Por supuesto, uno de los más importantes retos en esta área es dotar a las aplicaciones de los servicios de seguridad, confianza y privacidad requeridos. Gran parte del trabajo realizado hasta ahora se ha centrado en proporcionar privacidad, a la vez que se permite disfrutar a los usuarios de las ventajas de estos servicios de localización y seguimiento.

Por otro lado, los servicios de certificación están cada vez más integrados en nuestra sociedad. Encontramos ejemplos cercanos de su aplicación en la declaración de impuestos a través de Internet, los más novedosos sistemas de votación electrónica, y en general la cada vez mayor integración de la administración con las tecnologías de la información, e-Administración, por no citar las aplicaciones más conocidas y utilizadas como SSL, VPN, etc.

Todos estos servicios están indudablemente sustentados por la tecnología de clave pública y, en concreto, están fundamentados en el mecanismo de certificación de identidad, de atributos o privilegios, o de otras informaciones. La infraestructura de certificación más reconocida en la actualidad es la definida por el grupo de trabajo PKIX del IETF, cuyo resultado se recoge en la normativa X.509 [15].

Un servicio relativamente nuevo, y que ya dispone de normas, bien integradas dentro del marco X.509 o bien definidas para un marco más general, se ofrece como referencia para los propósitos de este trabajo. Se trata del servicio de Sellado de Tiempo o *Time-Stamping* y está relacionado intrínsecamente con el mecanismo que aquí se expone. Otro servicio novedoso sobre el que en parte está fundamentado este trabajo es el servicio de Sellado de Lugar (*Location-Stamping*) para redes GSM propuesto conjuntamente por dos universidades alemanas durante el año 2001.

3. COMERCIO ELECTRÓNICO

El comercio electrónico consiste en la compra, venta, marketing y suministro de información complementaria para productos o servicios a través de redes informáticas. La industria de la tecnología de la información podría verlo como una aplicación informática dirigida a realizar transacciones comerciales, mientras que una definición alternativa lo vería como una gestión de comunicaciones de negocios comerciales a través de métodos electrónicos. El comercio electrónico también incluye la transferencia de información entre empresas. En la actualidad incluye actividades de compra de bienes y servicios a través de la web vía servidores seguros, con tarjetas de compra electrónica y con servicios de pago electrónico tales como autorizaciones para tarjeta de crédito. De las variantes actuales en comercio electrónico (directo, indirecto,), el que aquí interesa, de entre los más habituales, es el de ventas de empresa a consumidor.

Las claves del éxito del comercio electrónico se encuentran asociadas al logro de los siguientes objetivos:

- Ofrecer productos que atraigan clientes potenciales a un precio competitivo, como en el comercio tradicional.
- Favorecer una compra amigable, interactiva, tal como se podría alcanzar en una situación cara a cara.
- Mostrar una página web atractiva.
- Incentivar a los consumidores con promociones, ofertas especiales, descuentos, publicidad, etc.
- Proporcionar una atención personal.
- Favorecer un sentido de comunidad entre vendedor y clientes compradores.
- Garantizar confianza, seguridad y privacidad.
- Proporcionar una visión global de la relación con el consumidor.
- Poseer la experiencia total del consumidor.
- Optimizar los procesos de negocio.
- Dejar que los consumidores se ayuden a sí mismos.
- Ayudar a los consumidores a hacer el trabajo de consumir.

- Construir un modelo de negocio sólido.
- Crear una cadena de valor añadido en la que uno se orienta a un número “limitado” de competencias clave.
- Operar en o cerca del límite de la tecnología y permanecer allí mientras la tecnología sigue cambiando.
- Construir una organización con suficiente agilidad y sistemas de alerta para responder rápidamente a los cambios en el entorno económico, social y físico de una empresa.

Sin embargo, los intentos de muchas empresas en establecerse en este nuevo sistema de vender han resultado infructuosos, debido, en ocasiones, a soluciones tecnológicas a medio resolver (implementaciones inconsistentes o poco seguras) y en otros casos a no tener en cuenta algunos de los principios básicos del comercio tradicional, como por ejemplo:

- No comprender a los clientes, el por qué compran y cómo compran.
- No considerar el entorno competitivo.
- No ser capaz de predecir la reacción del entorno.
- Sobreestimar nuestros recursos, los del vendedor.
- Tener fallos de coordinación.
- No obtener el compromiso de la dirección más veterana.
- No disponer del compromiso de los empleados.
- Subestimar los requerimientos de tiempo.
- No llegar a seguir un plan.
- Ser víctima del crimen organizado (el potencial de Internet como una nueva manera de obtener ingresos).

Algunas de las causas por las que comercio electrónico sigue sin acabar de triunfar, superadas las relativas a plataformas tecnológicas adecuadas, tiene que ver con la forma de ser y de sentirse el comprador, de su confianza en la tienda y el tendero, del intercambio tranquilizador de su dinero por su inmediato producto, etc. Para una buena aceptación del comercio electrónico, deberían desaparecer totalmente, o en buena medida, las siguientes lagunas:

- Preocupación sobre la seguridad. Mucha gente no utilizará las tarjetas de crédito en Internet debido a su recelo sobre un posible hurto o fraude.
- Falta de gratificación instantánea en la compra. Mucha recompensa obtenida por el consumidor en la compra reside en la gratificación instantánea que supone la utilización del producto. Esa recompensa no existe cuando la compra tarda en llegar días o meses.
- El problema del acceso a la web, particularmente para hogares pobres o en países subdesarrollados. Las tasas bajas de penetración de Internet en algunos sectores reduce el potencial del comercio electrónico.
- Aspecto social de la compra. Algunas personas les gusta hablar sobre el género con los dependientes o acompañantes: esta recompensa social de la terapia comercial no existe de igual forma en las compras *on line*.

4. M-MARKETING

El Diccionario Panhispánico de dudas define el Marketing como el “conjunto de estrategias empleadas para la comercialización de un producto y para estimular su demanda” [8]. En la misma entrada cita las palabras máquetin, mercadotecnia y mercadeo, todas ellas poco arraigadas en la profesión. Ha de entenderse que las estrategias citadas van encaminadas a publicitar el producto, darlo a conocer, hacerlo atractivo para el posible consumidor. En ocasiones, el término usado es Marketing y Comercial, y también Marketing comercial.

Según la consultora americana Bain, las empresas pierden y ganan, como media, la mitad de sus clientes cada 5 años. Además, la misma consultora ha demostrado que si se reduce en un 5% el número de clientes que se pierden cada año, los beneficios pueden llegar a doblarse. Las razones de este incremento de beneficios son las siguientes:

- Cuesta menos retener clientes que buscar y capturar nuevos.
- Los clientes fieles tienden a hacer compras mayores.
- Los clientes fieles no siempre le dan al precio la mayor importancia mientras que los nuevos sí.

Fuentes de investigación de mercado como Business Europe indican que los principales factores de fidelización son los siguientes: en primer lugar la conveniencia, en segundo lugar el precio y tercero, la distancia. A continuación aparece el servicio, la atención a las promociones son una herramienta de marketing que se utiliza como forma de obtener ingresos a corto plazo, de lanzar nuevos productos o de volver a generar interés en ellos, de deshacerse de *stocks*. Todo ello con una inversión limitada y controlada.

Internet y el teléfono móvil permiten llevar a cabo las promociones en tiempo real y de forma personalizada, por lo que el valor percibido por el cliente se incrementa enormemente ya que se aprovecha la compulsividad del momento, y la sensación de exclusividad e inmediatez que estos medios proporcionan.

El marketing **de permiso** es la base del marketing relacional y consiste en que la empresa invite a sus clientes a apuntarse a recibir información sobre su negocio. Es una herramienta poderosa de fidelización y promoción que se gestiona mediante una serie de reglas simples:

- Captura de clientes (*opt-in*): la primera fase consiste en obtener información de los clientes para poder llevar a cabo la comunicación con ellos. Estos datos pueden ser la dirección de correo, la dirección de *e-mail*, el teléfono fijo o el móvil, y se pueden obtener gracias a través de formularios, catálogos, en los productos, en la página web, SMS, etc.
- Baja de clientes (*opt-out*): debe ofrecerse a los clientes registrados la posibilidad de darse de baja y borrar sus datos de forma sencilla. Esto, además de ser un necesario desde el punto de vista legal, redundará en un aumento de confianza de los clientes y en un incremento en el número de registros.
- Comunicación de valor real: esta regla se resume en no hacer con los clientes lo que no le gustaría que le hicieran a uno. Los mensajes deben ser percibidos más como fuente de información de valor que como publicidad. Para ello, es fundamental elegir cuidadosamente los mensajes para que los clientes tengan un interés real en ellos. A modo de ejemplo, la inmediatez, la originalidad, la exclusividad y la información local son percibidos como valor real.
- Costes razonables: al ser una herramienta de comunicación directa, cuanto mayor es el número de clientes, mayor es el coste de la comunicación (salvo en el caso de *e-mail*), por lo que al crecer el número de registros, deben negociarse precios de volumen por la comunicación.
- Atención a clientes: debe respaldarse el esfuerzo en marketing de permiso con un buen servicio de atención a clientes, que atienda eficazmente a éstos a través de cualquier canal.

El marketing **de permiso** se basa en la comunicación con los clientes, de modo que debe usar los medios de comunicación que los clientes utilizan realmente. Por ejemplo, en España menos de 7 millones de personas acceden habitualmente a Internet, mientras que más de 30 millones poseen un teléfono móvil, por lo que este medio es bastante más efectivo como base del marketing de permiso para la mayoría de las empresas. Los terminales móviles europeos (*GSM*) disponen del servicio de envío y recepción de mensajes cortos, (*SMS*), y este servicio a su vez ofrece una serie de beneficios que han hecho que se envíen hoy más SMS que llamadas efectuadas cada día, que los ingresos generados por *SMS* superen el 15% de la facturación de las principales operadoras móviles y que se envíen más de 1.000 millones de

SMS al mes en España. Además son sencillos de usar (especialmente de recibir) e inmediatos, por lo que permiten acciones en tiempo real o por tramos horarios e interactuar con otros medios en directo (TV, radio,...).

Por todo ello, las herramientas de marketing y comercial basadas en el teléfono móvil y SMS pueden efectivamente conseguir incrementar los ingresos y fidelizar a los clientes de la gran mayoría de las empresas en España hoy. En los últimos años varias empresas se han enfocado en el mercado de las soluciones móviles de marketing desarrollando herramientas de m-marketing orientadas a potenciar los negocios de las empresas. MoviDream diseña y comercializa productos de m-marketing que permiten a las pymes la realización de acciones de fidelización y promoción de una manera fácil y barata a través del teléfono móvil. Las ventajas del m-Marketing llegan al mundo de la franquicia, de hecho ya han empezado a aparecer en el mercado empresas especializadas en ofrecer este tipo de servicios a las compañías de franquicias. Dos buenos ejemplos serían Hybrid Solutions o Random One [19].

Finalmente, en relación al m-marketing, dice Stephane Cerf en [3] “ Se ha dicho del m-marketing que tiene el alcance de la televisión combinado con el *targeting* del marketing directo. Después de la fiebre del e-marketing, expertos, agencias y anunciantes son recelosos a la hora de subirse a una nueva ola fundada sobre un nuevo *buzz-word*. Pero el m-marketing parece estar anclado en sólidos fundamentos y tener ventajas diferenciales que hacen de él la herramienta adaptada a ciertos tipos de comunicación. Permite, además, crear nuevos tipos de campañas que integren la movilidad y el contexto en el cual se mueve el consumidor. Paradójicamente, en España donde el número de SMS de persona a persona es el más elevado, el m-marketing está apenas despegando. Mientras que en el resto de Europa ya es casi una parte más del marketing mix”.

5. EVIDENCIAS DIGITALES Y SERVICIOS DE CERTIFICACIÓN ESPACIO-TEMPORAL

Tradicionalmente las actividades comerciales, gubernamentales, administrativas, financieras y legales, entre otras, se han basado en la existencia de ciertos niveles de confianza entre las personas u organizaciones participantes en las transacciones. Los mecanismos utilizados en estos casos incluyen reuniones cara a cara, cartas de recomendación, referencias, testigos, avales, etc. Con la aparición y amplia implantación en nuestra sociedad de tecnologías que permiten las comunicaciones remotas utilizando medios electrónicos, se ha requerido la traslación de dichas actividades a este medio. Para que este proceso tenga éxito es necesario proporcionar mecanismos equivalentes que permitan establecer niveles de confianza en el contexto de las comunicaciones electrónicas [21]. Los servicios de confianza, ya existentes en el contexto de las transacciones tradicionales, tienen precisamente ese objetivo [2].

Habitualmente los servicios de confianza son provistos por entidades confiables o Terceros de Confianza (*Trusted Third Party* o TTP). Ejemplos de este tipo de servicios, entre otros, los servicios de autenticación, autorización, confidencialidad, anonimato, cuantificación de los niveles de confianza, entrega y recepción garantizada (no-repudio), archivo y notarización. La provisión de estos servicios se debe sustentar en marcos legales y en la definición de políticas públicas del servicio, en particular de seguridad y responsabilidad.

Los servicios de acreditación y sellado espacio-temporal (SASET) se encuadran dentro de estos servicios de confianza provistos por TTP. Su propósito es precisamente proporcionar evidencias digitales acerca de las condiciones espacio-temporales de cierta entidad o documento de forma que se permita posteriormente resolver disputas acerca de estas condiciones. La información espacio-temporal que se acredita en las evidencias se denotará como IET y las propias evidencias espacio-temporales como EET. La implantación de multitud de servicios basados en la localización en los últimos años justifica el desarrollo de los SASET.

Se distinguen dos tipos de servicios de evidencias espacio-temporales según el objetivo concreto que persiguen:

- El primero de ellos considera los servicios de acreditación espacio-temporal (SAET), cuyo objetivo es acreditar las condiciones espacio-temporales de una entidad denominada sujeto de la evidencia (S). Habitualmente este sujeto es un dispositivo localizable (D), aunque a veces este término puede incluir además a un usuario o controlador del dispositivo (DC) que esté controlando éste. Los SAET son similares a los servicios de acreditación o sistemas de credenciales.
- El segundo tipo lo componen los servicios de sellado espacio-temporal (SSET), en este caso el objetivo de estos servicios es acreditar que un determinado documento existía en un lugar determinado en cierto momento

temporal o que cierta acción se realizó sobre éste. Los SSET pueden considerarse similares a los servicios de no-repudio.

Una entidad de confianza, la entidad Generador de las Evidencias Espacio-Temporales (Ge), emitirá las credenciales y los sellos espacio-temporales que dan fe de estos hechos. Habitualmente es un tercero de confianza (*TTP*) el que toma este rol, pero a veces puede tomarlo también un módulo confiable (*Trusted Platform Module* o *TPM*). En la provisión del servicio también participa un Servicio de Localización (*STIS* o *Spatial-Temporal Information Service*) que proporcionará la información de localización del sujeto S.

6. CERTILOC, un mecanismo seguro para certificar evidencias digitales espacio-temporales

Los servicios que proporciona CERTILOC son los siguientes:

- Acreditación espacio-temporal (SAET). Este servicio permite a los usuarios de CERTILOC solicitar la generación y la transferencia de nuevas credenciales espacio-temporales (CET), así como, una vez han sido generadas, la transferencia posterior de éstas. El servicio de acreditación espacio-temporal provisto por CERTILOC se ve complementado por los servicios de gestión de la privacidad de la IET (PIET) y de la generación automática de EET.
- Sellado espacio-temporal (SSET). Este servicio permite que los usuarios de CERTILOC obtengan sellos espacio-temporales (SET) que acrediten la información espacio-temporal bajo la que se generó una firma digital sobre algún documento en poder de los usuarios. En realidad, es una combinación del servicio de acreditación espacio-temporal y el servicio de sellado temporal.
- Sellado temporal (SST). Los usuarios pueden solicitar la emisión de sellos temporales (ST) sobre documentos bajo su poder según diversos esquemas de sellado temporal.
- Gestión de la PIET. Este servicio complementa el servicio de acreditación espacio-temporal de CERTILOC. Permite que los usuarios configuren sus preferencias sobre la privacidad de su IET. Las preferencias podrán considerar, por un lado, bajo qué condiciones un usuario desea autorizar la generación o transferencia de una EET dependiendo de factores como quién lo solicita, con qué finalidad y/o cuál es la situación espacio-temporal del sujeto y, por otro lado, qué condiciones de tratamiento de las EET (y por tanto de su IET) desean asociar a éstas.
- Gestión de la generación automática de EET. Este servicio es también un complemento del servicio de acreditación espacio-temporal que permite a los usuarios configurar sus preferencias con el objetivo de generar EET de forma automática dependiendo de las condiciones espacio-temporales del sujeto o de determinados eventos.

Las entidades que participan en la provisión de los servicios de CERTILOC son las siguientes (véase la Figura 1):

- Generador de evidencias espacio-temporales o Ge (*generator of spatialtemporal evidences*): genera, almacena y pone a disposición de los usuarios las evidencias espacio-temporales. Es una entidad fundamental en CERTILOC.
- Repositorio de evidencias (*evidence repository*): almacena las EET generadas por Ge.
- Custodio de la privacidad de la información espacio-temporal o C (*custodian of spatial-temporal information privacy*): protege la privacidad de los sujetos según las políticas de privacidad definidas por los usuarios.
- Agente monitor de políticas o *PMonA* (*policy monitor agent*): se encarga de solicitar la generación de evidencias según las políticas de generación establecidas por los usuarios.
- Agente administrador de políticas o *PManA* (*policy administrator agent*): permite a los usuarios administrar las políticas de generación de CET y las políticas de privacidad de la IET.
- Repositorio de políticas (*policy repository*): almacena las políticas utilizadas en CERTILOC.

- Servicio de información espacio-temporal o *STIS* (*spatial-temporal information service*): informa de la localización de los sujetos en un momento dado.
- Servicio de eventos o *ES* (*event service*): notifica la ocurrencia de eventos relacionados con las condiciones espacio-temporales del sujeto.
- Autoridad de sellado temporal o *TSA* (*time stamping authority*): genera sellos de tiempo y anclas de tiempo confiables.
- Autoridad reguladora o *RA* (*regulator authority*): puede auditar el comportamiento de las entidades de CERTILOC, así como el tratamiento que realizan los usuarios sobre las EET.

Por otro lado, los usuarios de CERTILOC son los siguientes:

- Sujeto o *S* (*subject*): es la entidad cuya información espacio-temporal se acredita en la evidencia.
- Controlador del sujeto o *SC* (*subject controller*): entidad responsable del sujeto.
- Solicitante o *RQ* (*requester*): solicita la generación o transferencia de evidencias espacio-temporales.
- Receptor o *RC* (*receiver*): recibe evidencias espacio-temporales.
- Verificador o *V* (*verifier*): verifica evidencias espacio-temporales.
- Propietario de políticas o *PO* (*policy owner*): configura políticas de generación automática de evidencias espacio-temporales.

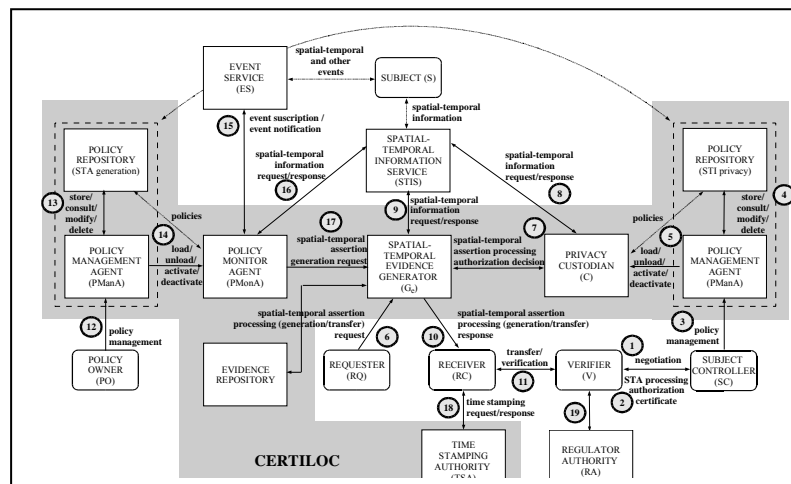


Figura 1. Esquema de relaciones entre las entidades involucradas

Situación ejemplo del uso de CERTILOC

Juan, representante de una línea de productos del fabricante Origin, se dirige hacia la empresa Destiny con el fin de realizar en su Departamento de Compras la presentación de las novedosas y excelentes características de uno de los productos estrella de Origin. La empresa de Juan no ha escatimado en gastos para tal misión y, para ello, le ha provisto de cuanta tecnología punta necesite. En el último momento Juan ha sabido que en Destiny utilizan un reciente software, obligado para su presentación, y que él no conoce. Mientras viaja, busca por Internet el citado software con el ánimo de conocerlo, probarlo antes de su presentación y estar en disposición de poder responder a posibles preguntas de los delegados de Compras de Destiny. Por fin, encuentra la empresa suministradora del software, resultando ser la tienda electrónica E-Soft-Mark (<http://e-software-marketing.com>). Decidido a comprar el software, accede a la web de la tienda y se le hace saber que en el país donde está domiciliada E-Soft-Mark, la legislación vigente sobre exportación de software obliga a Juan a probar desde qué país está realizando la compra.

A Juan no le importa probar su estancia en el país de Origin pero desea, en primer lugar, que E-Soft-Mark conozca esta información sólo durante la operación de la compra del software y, en segundo lugar, no desea que la tienda electrónica utilice dicha información para otros fines o que la retenga más tiempo del necesario para verificar su estancia. Para ello, Juan decide utilizar CERTILOC, el sistema que le permite generar credenciales espacio-temporales (CET) sobre el terminal que usa para navegar por Internet y, así, gestionar su privacidad de forma personalizada.

En la situación ideada, CERTILOC debe generar una evidencia espacio-temporal con el objetivo de que ésta permita probar la localización, ya que la estancia del cliente en la zona es la condición necesaria para efectuar la compra a través de la red en las condiciones exigidas por el vendedor. Según sean las preferencias de privacidad de Juan, CERTILOC le ofrece las siguientes cuatro opciones:

1. Tras iniciar la compra, Juan solicita él mismo la CET y, una vez recibida, la remite a E-Soft-Mark, quien deberá verificarla antes de que Juan realice la compra. Al ser Juan el controlador designado del terminal, está implícitamente autorizado para solicitar la CET. Además, desea que la CET se genere asociada a ciertas condiciones de uso, para evitar que E-Soft-Mark pueda hacer un uso indebido de la IET de su terminal. Por ello, además de indicar una resolución adecuada al solicitar la CET (e. g., la relativa al país), solicitará que se le asocie la finalidad concreta de comercio electrónico (e-commerce), el identificador de E-Soft-Mark y un tiempo de vigencia (e.g., 45 minutos).
2. Juan solicita la CET como en el caso anterior, pero ahora indica que se le remita ésta directamente a E-Soft-Mark. La conveniencia de esta opción radica en que así no malgasta Juan recursos de su terminal o para ganarse la confianza de E-Soft-Mark.
3. La CET puede ser solicitada por la tienda E-Soft-Mark, en lugar de hacerlo Juan. Como CERTILOC comprueba si los solicitantes están autorizados para generar evidencias y recibirlas, Juan debe autorizar a E-Soft-Mark de alguna forma. Para ello, Juan podría generar un certificado de autorización para el tratamiento de la IET adecuado a sus preferencias de privacidad y a la transacción que se va a realizar. Juan enviaría el certificado a E-Soft-Mark. Juan enviaría el certificado a E-Soft-Mark y le indicaría que puede solicitar la evidencia a CERTILOC adjuntando el certificado. Entonces, E-Soft-Mark podría solicitar la generación de CET, recibir ésta (si su petición es autorizada) y verificarla. Esta opción es cómoda para Juan pero más inconveniente para E-Soft-Mark, pues debe asignar recursos extra para realizar esta comprobación quizá para obtener un beneficio mínimo.
4. Juan, en lugar de generar un certificado de autorización, podría configurar una política de autorización en CERTILOC que permitiese a E-Soft-Mark solicitar y recibir CET bajo ciertas condiciones, en particular para realizar esta compra, sólo durante un determinado tramo temporal, y con la obligación de expresar la IET con determinada resolución. Como en el caso anterior, Juan indicaría a E-Soft-Mark que puede solicitar la CET. Recibida la solicitud por CERTILOC, y sin adjuntarse un certificado de autorización de tratamiento, comprobaría si la acción está autorizada según las políticas configuradas por Juan para el terminal. Como Juan acaba de configurar una política que hace referencia este caso, se autorizaría la acción y se generaría la CET transfiriéndose a E-Soft-Mark. Esta opción es, claramente, la que ofrece más inconvenientes tanto a CERTILOC (tiene que comprobar todas las políticas, las de autorización positiva y las de autorización negativa), a E-Soft-Mark (al igual que antes, debe emplear recursos extra y llevar a cabo todas las gestiones), y a Juan (no sólo debe hacerse cargo de activar la política de autorización, que sería equivalente a la carga de las opciones anteriores, sino de eliminarla posteriormente).

7. CONCLUSIONES

Se ha comenzado exponiendo la aparición relativamente reciente en la Sociedad de la Información de unos servicios de valor añadido, los servicios basados en la localización (*LBS*), capaces de obtener nuevos datos relativos a las personas, los que constituyen la Información Espacio-Temporal, y cuya cesión a terceros es susceptible, por un parte, de comprometer la privacidad y la intimidad de los individuos pero que, bajo compromisos mutuos entre empresas e individuos, facilitan el ejercicio de una nueva modalidad de marketing y de comercio electrónico.

La habitual desconfianza de los consumidores tanto en la recepción de mensajes a móviles como las transacciones a través de Internet, queda ahora despejada con la solución diseñada y expuesta, CERTILOC, un mecanismo que garantiza, mediante la certificación de evidencias digitales espacio-temporales y la correcta gestión de los certificados, las condiciones idóneas para el desarrollo de las actividades citadas en condiciones seguras. El marco de la certificación

se engloba en una PKI habitual. Finalmente, para una mejor comprensión del mecanismo, se expone un escenario de uso del mismo.

Este artículo se enmarca dentro del Proyecto de Investigación CERTILOC, Servicio de CERTIFICACION digital de la LOCALIZACION, Ref. SEG2004-02604, concedido en el marco del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2004-2007. Ministerio de Educación y Ciencia, España.

8. REFERENCIAS

1. Applewhite, A. What Knows Where You Are? Personal Safety in the Early Days of Wireless. *IEEE Pervasive Computing*, 1:4 4-8, 2002.
2. Burmester M., Desmedt Y., Wright R. N. and Yasinsac A.. Accountable privacy. *In The Twelfth International Workshop on Security Protocols*, April 2004.
3. Cerf, S. <http://www.h-ad.com>, 2005.
4. Chen, G. and Kotz, D. A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research. *Dartmouth Computer Science Technical Report TR2000-381*, 2000.
5. Constitución Española de 27 de diciembre de 1978, modificada por reforma de 27 de agosto de 1992, 1978.
6. CPS (*Cambridge Positioning Systems*), 2003.
7. Davies, N. and Gellersen, H.-W. Beyond prototypes: Challenges in Deploying Ubiquitous Systems. *IEEE Pervasive Computing* 1:1 26-35, 2002.
8. Diccionario Panhispánico de dudas. Real Academia Española y Asociación de Academias de la Lengua Española. Ed. Santillana. *Ediciones Generales S. L.* 2005.
9. Directiva 1995/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 24 de octubre de 1995 relativa a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos, 1995.
10. Directiva 2002/58/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de Julio 2002, relativa al tratamiento de los datos personales y a la protección de la intimidad en el sector de las comunicaciones electrónicas, 2002.
11. Directiva 2006/24/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo de 2006, sobre la conservación de datos generados o tratados en relación con la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas de acceso público o de redes públicas de comunicaciones y por la que se modifica la Directiva 2002/58/CE, 2006.
12. Gajparia A., Mitchell C. J. and Yeun C. Y. Information Preference Authority: Supporting user privacy in location based services. *In To be presented at NordSec 2004, The 9th Nordic Workshop on Secure IT-systems*, November 2004.
13. Hauser C. and Kabatnik M. *Towards privacy support in a global location service*. In Proc. of the IFIP Workshop on IP and ATM Traffic Management (WATM/EUNICE 2001), 2001.
14. Hightower, J. and Borriello, G. Location Systems for Ubiquitous Computing. *IEEE Computer*, August 2001 57-66, 2001.
15. IETF Working Group: Public-Key Infrastructures (X 509), (PKIs).
16. Kabatnik M. and Zugenmaier A. Location stamps for digital signature: A new service for mobile telephone networks. *In Proceedings of the First International Conference on Networking-Part 2 (ICN'01)*, LNCS 2094. Springer-Verlag, 2001.
17. Ley 34/2002, de 11 de julio, de Servicios de la Sociedad de la Información y del Comercio Electrónico, 2002.
18. Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD), 1999.

19. Pueyo, D. m-Marketing: de pymes a pymes. *Ediciones MoviDreams*, 2003.
20. Real Decreto 994/1999, de 11 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de medidas de seguridad de los ficheros automatizados que contengan datos de carácter personal, 1999.
21. Weiser, M. The Computer of the 21st Century. *Scientific American*, 265:3, 66-75. 1991.
22. Zugenmaier, A., Kreutzer M., and Kabatnik M. Enhancing applications with approved location stamps. *In Proceedings of the IEEE Intelligent Network 2001 Workshop (IN2001)*, 2001.

EDUCACIÓN

E-Learning y Espacios Colaborativos

Sonia Sanmiguel Mosquera
Universidad INCCA de Colombia,
Facultad de Ingeniería de Sistemas, Bogotá,
Colombia,
sonyasm2003@yahoo.com

Edmundo Vega Osorio
Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas,
Facultad de Ingeniería Electrónica, Bogotá,
Colombia,
evega@udistrital.edu.co

Maria Antonieta Dussan Alvarez
Universidad Surcolombiana del Huila
Facultad de Medicina, Neiva, Colombia,
madussan@umb.edu.co

ABSTRACT

The age of the Industrialization was characterized for the standards, determined its type of school that permit its own development and at the same time to solve its problems; the education based in standards itself approach to the teaching, teaching focused to the knowledge management. The student's role is just a receiver and disseminator of knowledge of the processes methodologies emitted by the teacher, processes based on test and error and in a supposed division among manual and intellectual work.

Today the formal education should be analyzed since the knowledge processes construction where the main protagonist is the student, who should be formed to confront and solve problems never before presented, where the most relevant concept present is the indeterminacy; these just can be analyzed by creative and autonomous minds supported in the liberty and the democracy.

RESUMEN

La era industrial que se caracterizó por la estandarización, determinó su tipo de escuela y de fábrica que le permitiera sus propio desarrollo y a la vez solucionar sus problemas; la educación estandarizada se centra en la enseñanza, en una enseñanza enfocada a la transmisión de conocimientos; donde el estudiante es solo un receptor y reproductor del conocimiento que el enseñante emite en procesos metodológicos basados en ensayo y error y en una supuesta división entre trabajo manual y trabajo intelectual.

Hoy la educación debe mirarse desde la construcción de procesos de conocimiento en donde el protagonista principal es

el educando, quien debe ser formado para afrontar y solucionar problemas nunca antes presentados, donde lo que prima es la indeterminación; éstos solo pueden ser abalados por mentes autónomas y creativas fundamentadas en la libertad y la democracia.

Palabras Clave: Tecnologías, información, comunicación, conocimiento, Internet, educación, pedagogía, educando, aprendizaje, virtualidad, estrategias.

1. INTRODUCCION

El presente artículo, se enmarca en analizar los cambios que se han suscitado en la sociedad gracias al desarrollo de la ciencia y la tecnología y en particular a la microelectrónica generando una crisis en la sociedad industrial, trayendo como consecuencia nuevas necesidades y exigencias laborales que de hecho inciden en la formación de individuos integrales y competentes para enfrentarse a esos nuevos retos económicos, culturales y sociales que determina la sociedad de la información, pues desde la década de los setenta la sociedad industrial se ha visto enfrentada a cambios revolucionarios que han afectado todas sus estructuras, desde la política hasta la educación, eje central de este artículo.

Desde este artículo se pretende plantear una propuesta pedagógica centrada en el estudiante y en los cambios que ha de generarse en las prácticas educativas. Es decir, cambiar los procesos de enseñanza por procesos de aprendizaje y tomar como centro una adecuada orientación hacia la cultura electrónica digital que se impone en este momento histórico y que obedece a los cambios a que se ha visto enfrentada la sociedad industrial desde la época de los setenta; tanto en lo político, en lo económico, en lo social y ende en la educación que cada día debe enfocarse acorde a las necesidades y exigencias del mundo del trabajo.

2. E-LEARNING Y LA GESTION DEL CONOCIMIENTO PARA AFRONTAR LA CRISIS DE LA PEDAGOGIA TRADICIONAL

Desde la década de los 70, la sociedad industrial entró en crisis, sus instituciones ya no respondían a las exigencias y necesidades del momento; sus sistemas de producción y la organización administrativa han caído en obsolescencia y su problema no era de mejorarlos bajo los mismos principios que dieron su origen, como el Taylorismo y el fordismo; la administración de tiempos y movimientos, especialización en tareas rutinarias y la producción en cadena, las economías de escala, respectivamente

Las tecnologías de información y de comunicación (TIC) han generado una revolución para la sociedad mucho mayor de lo esperado. Hasta hace pocos años cuando inició Internet nunca llegó a imaginarse cómo sería ese potencial. El cambio se ha presentado en las organizaciones, en las personas, en la educación, en la economía, la era digital esta en sus principios. Es cada vez más difícil estar a la vanguardia de las innovaciones incesantes. Cuando la información puede enviarse a la velocidad del relámpago a todo lugar del mundo, la vida cambia y se hace importante estar en la actualidad para afrontar las nuevas necesidades. [1]

La era de la información dispone de un recurso fundamental que es el conocimiento, y es por eso que las organizaciones buscan personal preparado que aporten experiencia y saberes, que sean capaces de percibir la realidad en cualquier momento, con miras a que sus organizaciones puedan evolucionar de acuerdo a las necesidades y exigencias de la nueva sociedad, y continuen siendo empresas competitivas y renovar continuamente su base de conocimientos.

El conocimiento es la fuente más importante dentro del mundo empresarial y la riqueza dependerá cada vez más de la capacidad de producir conocimiento y la generación de conocimiento no solo sirve como efecto multiplicador de la riqueza sino como progreso económico.

Esto en el fondo determina la necesidad y formación de una sociedad no estandarizada que responda a las exigencias laborales del momento. Hoy por hoy se requiere formar individuos holísticos, competentes para saber pensar, saber ser, para saber hacer frente a las nuevas exigencias del mundo del trabajo.

Por tanto la educación se ve afectada por la crisis y hasta ahora se están racionalizando las causas y creando alternativas que permitan salir de ella. Los valores han ido cambiando con cada época, se han tenido transformaciones de la percepción y la cognición del entorno; cambios en los procesos culturales en donde se ha pasado de una cultura escrita a una cultura hegemónica, luego a una cultura oral y ahora una cultura electrónica/digital. En esta época de cultura audiovisual/digital, se requiere también crecer en lo personal de construir riqueza humana, asumiendo los cambios de modo que generen cambios en las formas de pensar, de sentir y actuar en cada uno de los individuos

Si miramos los planes de estudio no obedecen a las exigencias del momento, presentándose como un caos en el que no sabemos qué enseñar, y lo más grave, cómo enseñarlo. Por otra parte conlleva a altos niveles de desempleo dado que la educación impartida no es acorde a los conocimientos que requiere la sociedad actual; tampoco prepara al joven para entrar a solucionar los problemas de su entorno social de este mundo cambiante y vertiginoso.

Todo esto determina la necesidad de diseñar un revolucionario modelo pedagógico en el que lo más importante no es el saber, sino el estar siempre en capacidad de aprender de acuerdo a los retos que impone una sociedad cambiante. Entonces las nuevas metodologías deben basarse en aprender haciendo, es por eso que el aula ha de convertirse en un espacio de experimentación. Pues solo aprendemos las cosas que hacemos Aristóteles.

Recordemos algunas frases de especial interés: Dímelo y lo olvido; enséñame y lo recuerdo, déjame hacerlo y lo retendré siempre (Confucio).

La única fuente del conociendo es la experimentación (Einstein)

Esta es la filosofía que inspira las nuevas metodologías alternativas a la enseñanza tradicional

Si se le preguntara a los estudiantes sobre la solución de uno de los exámenes del año anterior, muy posiblemente nos dirían que tienen que estudiar porque no recuerdan, esta respuesta puede ser el fruto de un aprendizaje memorístico, repetitivo, mecánico, porque costó mucho aprenderlo y muy poco olvidarlo, el cual no fue precisamente el fruto de un aprendizaje por procesos.

3. ESPACIOS INTERACTIVOS Y COLABORATIVOS EN EL APRENDIZAJE

El conocimiento que deben aprender los estudiantes debe ser fuerte, menos costoso, más útil y más perdurable. Se debe utilizar para análisis de la vida cotidiana, con más prácticas y no como moneda de intercambio por notas o por títulos.

El ordenador en clase no está ayudando a que el estudiante desarrolle un aprendizaje por procesos, tampoco le está proporcionando experiencias nuevas o niveles de experimentación que satisfagan su creatividad, su interés y su curiosidad. ¿Qué tan efectiva es la educación con la utilización de tecnologías de la información y de las comunicaciones?

Las tecnologías de la información y de las comunicaciones, deben facilitar los procesos de aprendizaje del estudiante con la creación de espacios virtuales que permitan las interrelaciones humanas y haciendo de éste un espacio interactivo. Es fundamental entonces que los centros educativos utilicen la red para lograr un verdadero aprendizaje e inicien procesos en los cuales capaciten a sus profesores para que varíen los contenidos de sus materiales más adaptados a usos pedagógicos de la red en donde a través de estrategias de extracción del conocimiento el estudiante pueda analizar, comparar, relacionar, clasificar, organizar, deducir y experimentar; es la única forma en la que realmente el puede encontrar un verdadero aprendizaje significativo relevado por el desarrollo de habilidades de pensamiento, teniendo en cuenta que el aprendizaje es una función natural del cerebro (Lawson 2001): En general, la búsqueda de significado se refiere a tener un sentido de nuestras experiencias, nuestra búsqueda de significado esta dirigida por nuestras metas y valores. [2]

El software educativo en general es muy deficiente, en su gran mayoría, se han trasladado los contenidos de los libros al computador. La gran mayoría de profesores han colgado sus contenidos en la red, utilizando el power point, para el diseño de diapositiva, lo cual no es otra cosa que copiar unos contenidos muchas veces sesgados, carentes de profundidad en una herramienta no interactiva, limitándose solo a la enseñanza impartida por el profesor, negándole al estudiante la construcción de su propio conocimiento. En los E.E. U.U. se creó un software para enseñanza de la geografía, a través de el los estudiantes podían ingresar a cualquier estado para investigar sobre la música, el arte, la educación, observación y análisis de películas, etc. Pero esta situación creó un problema a los educadores, pues no sabían qué aprendían realmente sus estudiantes; como es lógico, se ve enfrentado a no poder ejercer el acostumbrado control sobre los procesos de enseñanza, controles que quedaban hasta registrados en los diarios parceladores exigidos a cada uno de los maestros.

Se hace necesario entonces promover la participación, potenciar las capacidades intelectuales, actualizar los programas o currículos que tengan vínculos con las urgencias que tiene la sociedad, revisar los valores por los que ahora nos movemos, generar procesos que permitan elevar niveles de autoestima en los estudiantes, crear una sociedad mas calida, mas comprometida, mas solidaria, mas segura; sin ansiedades de dinero, creando conciencia y análisis crítico de los medios visuales como la televisión que influye en nuestro modo de pensar y actuar, como una compulsión consumista.

Por otra parte se limita la creatividad del estudiante en la medida en que se trazan unos logros mínimos y unos estándares mínimos, que impiden que el a través de una buena orientación del docente, logre lo máximo en sus procesos de aprendizaje, de modo que una buena orientación en el manejo de la Internet en donde tenemos una gran base de datos que le permiten al estudiante favorecer su aprendizaje autónomo a través de estrategias de relación, comparación, observación, etc. Logrando obtener una información de actualización inmediata en donde lo que mas vale, no son las respuestas que se puedan memorizan sino aquellas a las cuales el sistema no encuentra respuesta, permitiéndonos ampliar y contribuir en el desarrollo del conocimiento, donde la inteligencia llega a los límites de este y se evidencia que los ordenadores solo sirven hasta cierto punto.

Por ejemplo, la escasa oportunidad que se tiene de interactuar con enciclopedias de la red como aquellas en donde se consulta la información y solamente aparecen las definiciones sin ninguna atracción visual, ni lograr realmente despertar el interés en el educando y que él verdaderamente se involucre en los temas de consulta. Además se limitaron a colgar en la red los contenidos de los libros. Mientras que se deben diseñar enciclopedias con mejor oportunidad de acceso, abierta, sin ningún costo, en la que todo individuo de acuerdo a sus intereses y motivaciones puede acceder libremente.

Además, se borran los límites entre editor y lector ofreciendo a quien ingresa a ella la oportunidad de enriquecerla en la medida en que se interactúa dado que la idea de su funcionamiento es que la edición sea simple y directa; sin normas estrictas que coarten el derecho de opinión y a la vez eliminando todo control burocrático.

Es importante reconocer que toda persona tiene un deseo innato de aprender y una curiosidad que lo guía a aprender lo que necesita saber, pero los métodos que hemos venido implantando destruyen su curiosidad, negándose un acceso al mundo real con suficientes tiempos y espacios para recrear sus experiencias en lo que para el tenga significación, se requiere de una sociedad formada por individuos dispuestos a interactuar con sus propias experiencias en la búsqueda de nuevos conocimientos.

Los pedagogos, educadores o profesores no han profundizado en el funcionamiento del cerebro, ni han utilizado la neurociencia cognitiva la cual ha alcanzado en los últimos años un alto conocimiento de las funciones cerebrales y la evolución del cerebro de los seres humanos.

La educación hoy en día se imparte sin aprovechar este mayor conocimiento, si bien es cierto algunas universidades enseñan psicología, no son aplicadas a los procesos de conocimiento por que fueron aprendidas desde un punto de vista teórico, pero no se capacito al futuro profesor a aplicar esos conocimientos de psicología del aprendizaje sobre el desarrollo de los seres humanos, desconociendo muchas veces que cada persona tiene distintos modos de aprender, determinando que el aprendizaje es cada vez mas personalizado lo cual se puede conseguir a través de las nuevas tecnologías en contraposición a un tipo de educación estandarizada en cursos de 45 o mas estudiantes, los cuales recibían la misma información y muchas veces los mismos interrogantes. El estudiante como individuo, no era el centro de los procesos de conocimiento era el grupo el que recibía una enseñanza del profesor, todos creemos que la enseñanza produce aprendizaje, pero nadie lo puede asegurar ya que el proceso de aprendizaje es un proceso que hace el estudiante y el proceso de enseñanza es un proceso que hace el profesor. El profesor puede hablar una hora y el estudiante puede no haber aprendido nada por estar distraído.

Las tecnologías de Información presentan un gran desafío para los académicos y los investigadores. No sólo es necesario evaluar el rendimiento académico, sino también otras variables que son extremadamente difíciles de medir, por ejemplo: el aprendizaje emocional de los estudiantes, la incorporación de modelos de rol, la identificación del alumno con la comunidad educativa, etc. [3]

La emoción es una fuerza poderosa e insuficiente apreciada en el aprendizaje. El como se siente una persona una situación de aprendizaje determina la cantidad de atención que le dedicara. Las emociones interactúan con la razón para apoyar o inhibir el aprendizaje. Para ser aprendices exitosos y ciudadanos productivos, tenemos que saber como usar nuestras emociones inteligentemente (Sousa 2001). Cuando las emociones y el sentido corporal están desasociados del pensamiento, el verdadero aprendizaje no ocurre (Hannafor 1995). [4]

La enseñanza tradicional se ha caracterizado por la falta de análisis, por la falta de comprensión, por la falta de asimilación, simplemente se hacen las cosas de forma repetitiva, en la cultura oral en donde el aprendizaje solo se limitaba a la transmisión del profesor al estudiante de valores, técnicas y conocimientos, aprendiendo la lección de forma memorística y entre mas similar sea la lección a lo que el maestro dijo, se obtenía un mejor beneficio que era la nota y por lo tanto mas éxito. Cuando pasamos a la cultura escrita se aprende para retener conocimientos en la memoria y se condujo a que se memorizaban contenidos y no se tenían conocimientos prácticos. [5]

El sistema tradicional educativo mide la actividad del profesor, pero no la actividad del alumno. Los métodos y estrategias de la escuela tradicional que antes parecían ser las más adecuadas y funcionales en este momento no cumplen con las expectativas actuales del mundo, debemos diseñar nuevos métodos y estrategias para enfrentarnos a escenarios y contextos postmodernos, a otros estudiantes con necesidades cambiantes, en donde nuestra forma de pensar, de actuar son distintas a las que definen nuestros valores, se debe propender desarrollos de currículos del aprendizaje y la practica para entender los problemas concretos, se debe intentar cambiar los procesos de evaluación en donde actualmente se aprende de forma no perdurable, mas memorística para intercambiarlo por una nota o por un diploma, que siempre nos han llevado al mismo problema por que el aprendizaje debe llevarse a través de vivencias, de forma experiencial, en donde el aprendizaje sea significativo, relevante, vital, de manera critica, relacional, realizando contrastación y en donde se tengan espacios de pensar, de generación de ideas, de validaciones, de sentir, de equivocarse, de corregir, de presentar distintas soluciones de acompañamiento en el proceso de aprendizaje de una manera conciente, critica y constructiva, por que solo a través de vivencias del individuo el conocimiento es mas perdurable y no tan efímero, encontrando un sentido a lo que se aprende el cual de esta forma tendría un valor de uso y de cambio.

El desarrollo de la microelectrónica, sacaría a los profesores del aula para conformar equipos de trabajo en el diseño de software, en el diseño de lecciones no para transmitir conocimiento, sino para acompañar el aprendizaje que atrapan la atención de lo relevante, las cuales deben tener un numero necesario de repeticiones necesarias para el estudiante, las cuales deben ajustarse a el como un guante y a su propio perfil de aprendizaje con organizadores previos, con intercambios y comunicaciones, con puentes cognitivos y repeticiones especificas que son las que hacen falta que algo se aprenda, no para que se estudien, no para que se enseñen sino para que se aprendan y para que sean de aplicación a proyectos concretos a proyectos de vida. El caso es cambiar enseñanza por aprendizaje y aprendizaje por conocimiento y sabiduría para que sean aplicados a esta realidad.

Por eso debemos ser capaces de construir nuestros propios procesos de autoformación, en los que establezcamos

problemas relevantes y preguntas urgentes para debatirlos con los intelectuales verdaderamente preocupados por la educación. No en vano Edgar Morin en Francia y Humberto Eco en Italia, para citar los de países prestigiosos, acaban de presidir comisiones con el propósito de buscar nuevas alternativas para la escuela; otros vuelven a pensarla, a reflexionar sobre los textos escolares, como lo hacen Fernando Savater y José Antonio Marina en España. Todos reclaman que allí esta el nuevo campo de trabajo de los intelectuales. [6]

3. CONCLUSIONES

Es importante que se inicien políticas educativas para la adaptación a un entorno social-virtual en donde se promuevan actividades para la construcción del aula virtual y en donde se den procesos de socialización y comunicación, con personas especialistas en distintas áreas y distintas disciplinas científicas, técnicas y humanísticas con el fin de generar los materiales educativos con contenidos educativos según las materias, adecuados para la edad, y a las diferencias culturales y sociales, para el espacio digital, y no sólo para el aula presencial, teniendo en cuenta la importancia de la formación de los docentes que serán tele enseñantes que incidirán en la construcción del conocimiento de la Sociedad de la Información contribuyendo en el proceso de la elaboración de ese material para el nuevo espacio social-virtual.

Las universidades, los centros educativos y el sector corporativos, deben ser laboratorios de experimentación donde el estudiante pueda aplicar, validar y a la vez generar y gestionar nuevos conocimientos.

La investigación, desarrollo e investigación deben ser fundamentos que orienten el futuro de las naciones.

REFERENCIAS:

1. Gottfried Grafström. Leif Edvinsson, Skandia. Accounting for minds: An inspirational guide to intellectual capital, Harvard Business Review on Measuring corporate performance (Harvard Business School Press). pp 1-6
2. Memorias 1er congreso Internacional de tutores y consejeros en la educación superior. Octubre 11 y 12 de 2004
3. El foro de la UTDT para la Educación . Bogota Colombia 1990
4. Memorias 1er Congreso Internacional de tutores y consejeros en la educación superior.
5. Alberto Galeano Ramirez. Revolución Educativa y desarrollo de la Inteligencia. Colombia 1993. Divulgar Editores Colombia Ltda pag 65 - 66
6. William Fernando Torres. Amarrar la burra de la cola. Libros del Olmo. Diciembre de 2000, pag 77
7. 1er. Congreso Internacional de tutores y consejeros en la educación superior Octubre 11 y 12 de 2004
8. Martínez Beltrán , José Maria. Aprendo a Pensar. (Para mejorar mi potencial de aprendizaje) Edit. Bruno Nueva Escuela. Madrid Enero de 1995
9. Miguel Mejia Fernández. Proyecto de inteligencia Harvard 2.4. España 2002
10. www. Educación Virtual Aulas sin Paredes.htm
11. <http://academic.uprm.edu/~mvaldes/id29.htm>
12. www.La educación virtual ¿una alternativa a la educación tradicional.htm

APENDICE

ssanmiguel@shd.gov.co **Autores:** Sonia Sanmiguel Mosquera

Estudio de viabilidad de la aplicación de Sistemas de Recomendación a entornos de e-learning

Virginia Sierra Rodríguez

Facultad de Informática, Universidad Pontificia de Salamanca. Dep. de Lenguajes, Sistemas Informáticos e Ingeniería del Software.
Madrid, España, 28040
virginia.sierra@upsam.net

Oscar Sanjuan Martínez

Facultad de Informática, Universidad Pontificia de Salamanca. Dep. de Lenguajes, Sistemas Informáticos e Ingeniería del Software.
Madrid, España, 28040
oscar.sanjuan@upsam.net

Héctor Castán Rodríguez

Facultad de Informática, Universidad Pontificia de Salamanca. Dep. de Lenguajes, Sistemas Informáticos e Ingeniería del Software.
Madrid, España, 28040
hector.castan@upsam.net

María Pilar Borrego de Luxan

Facultad de Informática, Universidad Pontificia de Salamanca. Dep. de Lenguajes, Sistemas Informáticos e Ingeniería del Software.
Madrid, España, 28040
maria.dorrego@upsam.net

ABSTRACT

In recent years, the new technologies and the rapid growth of Internet, have facilitated the access to the information to the persons, raising new challenges to the education distantly across Internet, for example how orientating the pupils in his learning process.

Many users look help in his teacher or in his companions for orientation to choose his readings, exercises or practices. There are different strategies of information and recommendation for help to users, among which they find the Systems of Recommendation.

The Systems of Recommendation try to help the user, offering him those objects that can interest him more, being based on his tastes or on the tastes of other users by similar characteristics. This document tries to expose the current situation of the Systems of Recommendation, and its application to the education distantly across Internet.

Keywords: recommender systems, overcharge, education distantly, Internet, learning-objects.

RESUMEN

En la actualidad, las nuevas tecnologías y el rápido crecimiento de Internet, han facilitado a las personas el acceso a la información, planteando nuevos retos a la educación a distancia a través de Internet, entre los que está el de cómo orientar a los alumnos en su proceso de aprendizaje.

La necesidad que tienen muchos usuarios de buscar en el profesor o en sus compañeros orientación para elegir sus lecturas, ejercicios o prácticas es una realidad. Para responder a ella, se han desarrollado distintas estrategias de información y recomendación, entre las que se encuentran los Sistemas de Recomendación.

Los Sistemas de Recomendación intentan ayudar al usuario, ofreciéndole aquellos objetos que le pueden interesar más, basándose en sus gustos o en los gustos de otros usuarios con características similares.

Este documento pretende exponer la situación actual de los Sistemas de Recomendación, y su aplicación a la educación a distancia a través de Internet.

Palabras claves: Sistemas de Recomendación, sobrecarga, educación a distancia, Internet, objetos de aprendizaje.

INTRODUCCIÓN

Con las nuevas tecnologías y, especialmente, con el rápido crecimiento de Internet, los usuarios encuentran una gran variedad de libros, artículos de periódicos, páginas y películas, sin tener un conocimiento exacto de cada uno de ellos. Los usuarios se sienten abrumados por la sobrecarga de información y buscan ayuda para identificar aquellos que les pueden resultar más interesantes. A menudo, los usuarios solucionan el problema utilizando las recomendaciones de otras personas, o bien seleccionando aquellos objetos que más se parecen a lo que buscan.

Un sistema de recomendación es una aplicación capaz de ofrecer una sugerencia sobre un objeto a un usuario, obtenida a partir de sus preferencias anteriores y de las preferencias de una comunidad que tiene gustos y opiniones similares a la suya. Para Batul, los sistemas de recomendación nos ayudan a reducir la sobrecarga de información que tenemos hoy en día, a la vez que nos proporcionan acceso a información personalizada para un dominio en concreto [3].

Los Sistemas de Recomendación son utilizados en campos como el comercio electrónico, el ocio o las bibliotecas digitales, para resolver el problema de sobrecarga de información que presentan. Sin embargo, otros muchos ámbitos también presentan dicho problema, como el dominio de la educación y de los objetos de aprendizaje.

Supongamos que, en un entorno de enseñanza, un alumno dispone de un gran número de objetos de aprendizaje, como por ejemplo prácticas o ejercicios. El alumno, que dispone de muchos más objetos de los que está dispuesto a hacer o puede hacer, no tiene ni idea de por dónde empezar, pero, teniendo en cuenta que los objetos de aprendizaje se encuentran clasificados en categorías, decide comenzar por el nivel más básico. El alumno revisa el tema de los objetos de aprendizaje y recuerda que un amigo le comentó lo mucho que le había gustado los objetos de aprendizaje relacionados con un determinado tema. El alumno decide comenzar por esos objetos de aprendizaje y, una vez finalizados, decide llamar a su amigo para que le recomiende más, ya que los que ha realizado hasta ahora se han adaptado a lo que él buscaba.

Si trasladamos este proceso al ámbito de la educación a distancia ¿cómo puede el alumno encontrar aquellos objetos que le van a gustar más? Para resolver el problema de la sobrecarga de información se pueden utilizar distintas tecnologías entre las que se encuentran los sistemas de recomendación.

Nuestra investigación intenta demostrar la viabilidad de la aplicación de sistemas de recomendación a los entornos educativos. Este artículo introduce el trabajo que se está realizando para dotar a un entorno educativo de un sistema de recomendación.

El resto del trabajo se organiza como sigue: en la sección 3 se comenta la situación actual de la educación a distancia y los problemas que presenta, en la sección 4 se justifica la utilización de un sistema de recomendación como solución a los problemas planteados, en la sección 5 se presentan los objetivos generales de la investigación, en la sección 6 se realiza una descripción y presentación de los resultados obtenidos en la fase 1 realizada en la investigación y por último la sección 7 cierra el artículo presentando las conclusiones del mismo.

1. LA EDUCACIÓN EN INTERNET Y LOS LEARNING-OBJECTS

La Educación a Distancia ha experimentado un auge en los últimos tiempos con la difusión de Internet, permitiendo a los usuarios acceder a más formación y obtener ambientes de aprendizaje más complejos y elaborados. La educación en Internet ofrece una opción para la formación, en la que los alumnos y profesores no comparten un espacio físico.

Definiciones

En la literatura especializada encontramos diversas definiciones sobre la educación en Internet:

- "Una Formación con Internet es un ambiente creado en la Web en el que los estudiantes y educadores pueden llevar a cabo tareas de aprendizaje. No es sólo un mecanismo para distribuir la información a los estudiantes; también supone tareas relacionadas con la comunicación, la evaluación de los alumnos y la gestión de la clase" [6].
- "Formación a través de Internet es un programa hipermedia que utiliza los atributos y recursos de Internet para crear ambientes de aprendizaje significativos, en donde el aprendizaje se mejora y apoya" [5].

La formación a través de Internet plantea diversos problemas como son el encarecimiento de crear y diseñar material curricular, la imposibilidad de reutilización y la interoperabilidad de dicho material curricular [8]. Los objetos de aprendizaje (OAs) o learning objects (LO) se plantean como una solución a dichos problemas.

Según Wiley un Learning Object es “*cualquier recurso digital que puede ser reutilizado para facilitar el aprendizaje*” [10] Para este autor, la definición un recurso digital es cualquier cosa que puede ser distribuida a través de una red, sea grande o pequeña. Ejemplos de recursos digitales reutilizables pequeños son imágenes, pequeñas porciones de texto, o pequeñas aplicaciones Web. Ejemplos de recursos digitales reutilizables de mayor tamaño son páginas Web que combinen texto, imágenes y otros medios de comunicación.

Ventajas de la educación a distancia y de los learning-objects

Las principales ventaja de la educación a distancia y de la utilización de learning-objects son:

- **Facilidad de acceso:** un gran número de personas pueden acceder a la formación, haciendo desaparecer barreras temporales y geográficas. Desaparecen problemas de tiempo y de horarios, ya que Internet está disponible a todas horas. También desaparecen los problemas de desplazamiento, puesto que una persona puede formarse sin necesidad de desplazarse a varios kilómetros de su casa o a otra ciudad.
- **Ahorro en costes:** se puede formar a más gente con menos recursos.
- **Formación personalizada:** La mayoría de los cursos suelen ser interactivos, permitiendo al usuario elegir el camino de su formación en función de sus necesidades o intereses personales.
- **Posibilidad de estar en contacto con otros estudiantes,** permitiendo una mayor colaboración e intercambio de información.

Problemas de la educación a distancia y los learning-objects

El principal problema que se plantea en la educación a distancia mediante Internet con grandes colecciones de objetos de aprendizaje, es que los alumnos pueden sentirse abrumados por la sobrecarga de información. Como ya se ha expuesto anteriormente una posible solución a este problema es los sistemas de recomendación.

2. SISTEMAS DE RECOMENDACIÓN

Los sistemas de recomendación ayudan al usuario a seleccionar objetos que les pueden resultar útiles o de su interés. Un sistema de recomendación es “*aquel sistema que tiene como principal tarea seleccionar ciertos objetos de acuerdo a los requerimientos del usuario*” [9]. Estos objetos pueden ser cualquier tipo de información o artículos, como libros, películas, canciones, páginas Web, blogs, etc.

El funcionamiento de estos sistemas básicamente consiste en pedir al usuario que evalúe una serie de objetos. Dichas valoraciones serán utilizadas por el sistema de recomendación para predecir la valoración del usuario activo sobre un objeto en función de las valoraciones realizadas por otros usuarios sobre ese objeto o de las valoraciones que ha realizado el usuario sobre otros objetos en el pasado. Cuantas más valoraciones realicen los usuarios, mejores serán las recomendaciones.

El sistema de recomendación debe proporcionar un mecanismo para recopilar la mayor cantidad de información posible acerca de los usuarios para realizar mejores recomendaciones. A este proceso se le denomina retroalimentación.

Clasificación

Para generar las recomendaciones hay dos tipos de algoritmos que dan lugar a dos grandes grupos de sistemas de recomendación [1], [2]:

- **basados en contenido:** el sistema recomienda objetos similares a otros que han sido del agrado del usuario en el pasado
- **colaborativos:** el sistema recomienda a un usuario objetos que han sido del agrado de otros usuarios con gustos similares a los suyos.

Un **sistema de recomendación basado en contenido** se define como: “aquel sistema en el que las recomendaciones son realizadas basándose solamente en un perfil creado a partir del análisis del contenido de los objetos que el usuario ha evaluado en el pasado” (Balbanovic y Shosham; 1997).

Los sistemas basados en contenido se fundamentan en el hecho de que los objetos que le pueden gustar o interesar al usuario deben ser similares a objetos que han sido de su agrado en el pasado.

Los sistemas de recomendación basados en contenido son utilizados principalmente para la recomendación de documentos, páginas Web, publicaciones, chistes o noticias. Algunos ejemplos son: SYSKILL & WEBERT, que recomienda páginas Web [7] o PTV [4] que recomienda programas de televisión a un usuario.

Un **sistema de recomendación colaborativo** se define como: “aquel sistema en el que las recomendaciones se hacen basándose solamente en el grado de similitud entre usuarios” [2].

Los sistemas de recomendación colaborativos se fundamentan en el hecho de que los objetos que le gustan a un usuario le pueden interesar a otros usuarios con gustos similares.

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El principal objetivo de esta investigación es resolver el problema de sobrecarga de información que se produce en las grandes colecciones de objetos de aprendizaje.

El problema de la sobrecarga de información se ha resuelto en otros sistemas, como por ejemplo sistemas comerciales, como Amazon, o en sistemas de entretenimiento, como Movielens, utilizando sistemas de recomendación. Por ello se tomó como idea fundamental la integración de los sistemas de recomendación en la asistencia a la educación a distancia mediante los servicios que proporciona Internet, ya que estos sistemas se adaptan de una forma coherente a las propiedades que debe cumplir un tratamiento de recomendación de objetos de aprendizaje al alumnado.

Fases del proyecto

El proyecto consta de las siguientes fases:

- Desarrollar un prototipo en el cual se proporcione a los usuarios grandes colecciones de objetos de aprendizaje y constatar el problema de sobrecarga de información.
- Desarrollar un prototipo utilizando un Sistema de Recomendación y comprobar la validez del mismo.
- Realizar una comparación del algoritmo utilizado en el prototipo con otros tipos de algoritmos utilizados en otros entornos, buscando el algoritmo que mejor se adapte a un entorno educativo.
- Realizar un estudio sobre las ventajas que proporciona un Sistema de Recomendación en la educación frente a un Sistema Experto.

4. FASE 1. DESARROLLO DE UN PROTOTIPO EN EL QUE SE CONSTATE EL PROBLEMA DE SOBRECARGA DE INFORMACIÓN

Objetivos

Los principales objetivos de la primera fase del proyecto son:

- Constatar el problema de las grandes colecciones de objetos de aprendizaje.
- Verificar la viabilidad de la aplicación de los sistemas de recomendación a las grandes colecciones de aprendizaje para resolver el problema de sobrecarga de información.
- Recoger datos para la puesta en marcha de un sistema de recomendación.

Metodología

El estudio se ha realizado sobre alumnos de la Universidad Pontificia de Salamanca de los campus de Madrid y Majadahonda. Se han tomado 415 alumnos de referencia matriculados en una asignatura.

Se ha desarrollado un portal, en el que los alumnos disponen de 41 prácticas sobre la asignatura. El acceso al portal se realiza mediante un nombre de usuario y contraseña. Una vez dentro, el sistema les proporciona prácticas de forma aleatoria. Cuando un alumno finaliza una práctica debe evaluarla para que el sistema obtenga información, que utilizaremos en desarrollos futuros para realizar recomendaciones. Hasta que el alumno no evalúe la práctica actual no podrá acceder a otra.

5. RESULTADOS OBTENIDOS

El portal de prácticas ha sido utilizado durante 2 meses por 86 usuarios, los cuales han realizado y valorado un total de 1.178 prácticas. En la figura 1, se muestran el número de usuarios que ha realizado cada una de las prácticas.

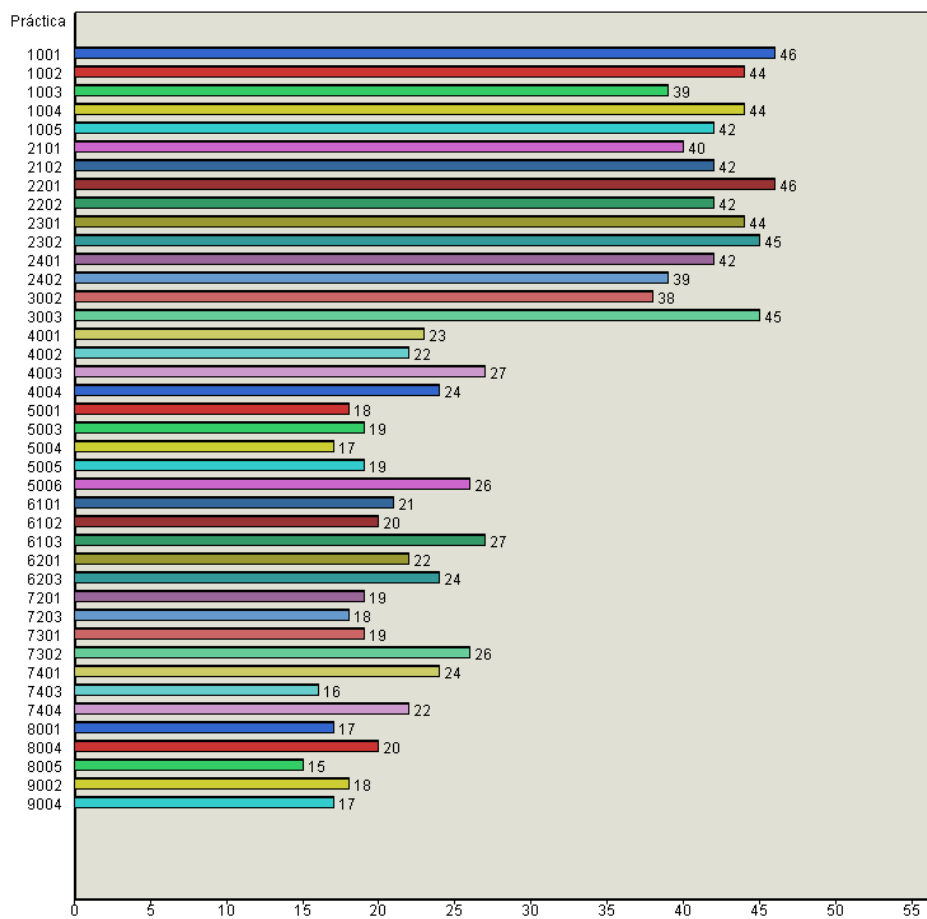


Ilustración 1. Número de alumnos que han realizado cada práctica.

De los 415 alumnos matriculados, 213 respondieron a una encuesta sobre el uso del sistema, de los cuales 68 habían utilizado el sistema.

Los resultados obtenidos en la encuesta indican que el motivo de la mayoría de los alumnos, que no utilizaron el sistema, era el desconocimiento de su existencia, no porque pensasen que no fuese útil. A continuación se muestra la gráfica que representa las respuestas de los alumnos, que no habían usado el portal, sobre el motivo por el cual no lo habían utilizado.

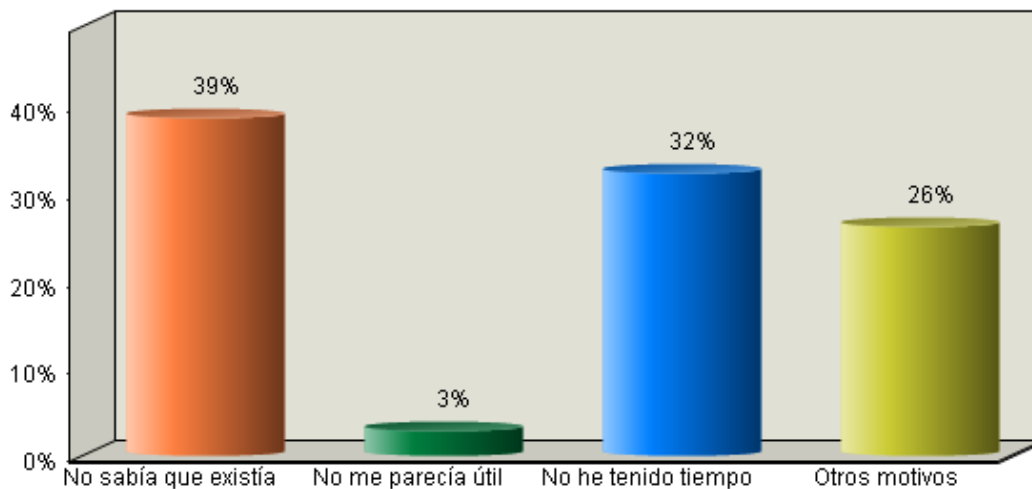


Ilustración 2. ¿Por qué no ha utilizado el portal de prácticas?

Hemos pedido a los alumnos que valorasen la utilidad del sistema para la realización de prácticas de la asignatura y para la preparación del examen en un rango de 0 a 4. La mayoría de los alumnos que habían utilizado el sistema consideran que les ha resultado útil para la realización de prácticas de la asignatura y que les ha ayudado a preparar el examen.

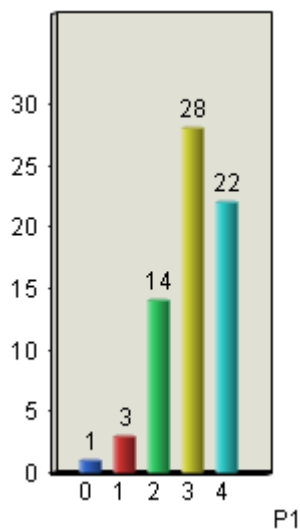


Ilustración 3. ¿Le ha resultado útil la plataforma para la realización de las prácticas de la asignatura? 0->Nada útil. 4-> Muy útil.

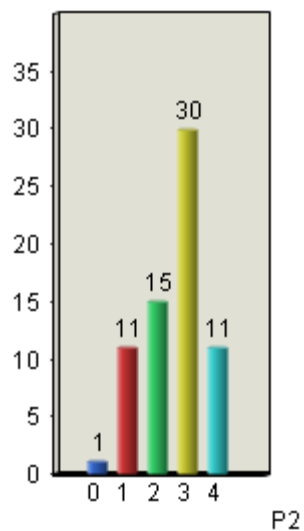


Ilustración 4. ¿Considera que el uso de la plataforma le ha ayudado a preparar el examen de la asignatura? 0->No me ha ayudado nada. 4-> Me ha ayudado mucho

Todos los encuestados expresan su deseo de disponer un sistema similar en otras asignaturas, incluso en asignaturas teóricas en las que solo se ofrezca bibliografía y documentación.

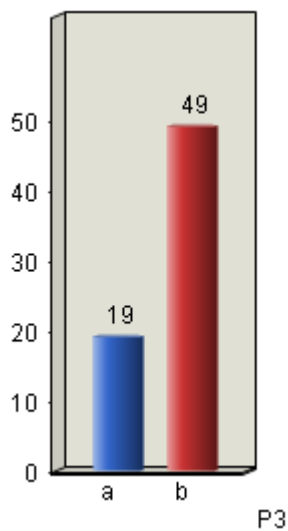


Ilustración 8. ¿Utilizaría una plataforma similar si estuviera disponible para otras asignaturas? a) Si, pero solo para asignaturas con ejercicios prácticos, b) Si, lo utilizaría en cualquier asignatura, c) No

Respecto al número de prácticas que estarían dispuestos a hacer, la mayoría de los alumnos indicó un rango entre 20 y 30 prácticas.

6. CONCLUSIONES

La gran cantidad de información que existe en Internet, hace que sea necesario el uso de técnicas que ayuden al usuario a encontrar lo que desea. Los Sistemas de Recomendación son utilizados eficientemente para resolver el problema de sobrecarga de información en campos como el comercio electrónico y el ocio.

Nuestra investigación demuestra que el problema de sobrecarga de información también se presenta en entornos educativos a distancia a través de Internet. En los resultados obtenidos, se puede observar que la mayoría de los usuarios no están dispuestos, o no pueden, realizar la totalidad de prácticas de los que dispone el sistema y por ello, le resultaría útil disponer de alguna ayuda para decidir qué prácticas realizar.

REFERENCIAS

1. Adomavicius G., Tuzhilin A. 2005. "Toward the Next Generation of Recommender Systems: A Survey of the State-of-the-Art and Possible Extensions". IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 17, No 6. Junio 2005.
2. Balabanovic, M., Shoham, Y. 1997. "Fab: Content-based, collaborative recommendation". Communications of ACM 40,3 (Marzo), 66-72.
3. Batul J.M., 2001. Jumping Connections: A Graph-Theoretic Model for Recommender Systems. Blacksburg, Virginia, USA.
4. Cotter, P., Smyth, B. 2000. "WAPing the Web: Content Personalisation for WAP-Enabled Devices". Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems Springer-Verlag.
5. Khan, B. 1997. "Web-Based Instruction (WBI): What Is It and Why Is It?". En B. Khan (Edit.) Web-Based Instruction. New Jersey, Englewood Cliffs, pp. 5-18.
6. McCormack, C., Jones, D. 1998. "Building a Web-Based Education System". New York, Wiley Computer Publishing.
7. Pazzani, M., Muramatsu, J., Billsus, D. 1996. "Syskill & Webert: Identifying interesting web sites". AAI Spring Symposium on Machine Learning in Information Access. <http://www.parc.xerox.com/istl/projects/mlia/papers/pazzani.ps>
8. Roig, R., Lledó, A., Grau, S. 2004. "Objetos de Aprendizaje (Learning Objects) como respuesta educativa al alumnado con altas capacidades de la inclusión digital". <http://www.tecnoneet.org/docs/2004/1-12004.pdf>
9. Wang, P. 1998. "Why recommendation is special? En Papers from the 1998 Workshop on Recommender Systems, part of the 15th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-98, Madison, Wisconsin, EUA), 111-113.
10. Wiley, D. 2001. "Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy", AIT/AECT, *The Instructional Use of Learning Objects*, Association for Instructional Technology, 1-35

Las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones y los modelos integrados en la Educación – Combatir el fracaso en Enseñaza y tornarlos más eficaces en su aplicación

Teresa Florentino

Escola Secundária D. Luísa de Gusmão
Lisboa, Portugal
terflor@netcabo.pt

Lucas Sanchez

UPSAM, Informática
Madrid, Spain
lucas.sanchez@upsam.net

Luis Joyanes

UPSAM, Informática
Madrid, Spain
luis.joyanes@upsam.net

ABSTRACT

Nowadays Education is one of the best Information and Communication Technology consumer and has great priority for Government. However in Portugal, actual models show some efficacy problems thus the relation between education and enterprise connection seems to be far from the real world. Practice, experiments and collaboration among all agents, schools, families, enterprises and other elements from community should be included in this model. Education and ICT policies are preparing the field for the implementation of this kind of models, more motivating and with more efficacies from enterprises' point of view. The proposed model is based on several analysis and studies specially on teachers' competence and skills, ICT, intervenient relations, School-Enterprises-Families inclusion, system evaluation and new behavioral aspects from schools, enterprises, families and other agents from community.

Keywords: Education and learning models, Virtual Classrooms, Constructivism, Technology, Knowledge.

RESUMEN

Las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones se han extendido en todas las áreas institucionales de la sociedad entre las cuales es prioritaria la Educación. Los modelos en Portugal deben permitir no solo un mejor aprendizaje de los alumnos, sino una posterior integración del alumno en la vida laboral para que realmente sean eficaces en su aplicación. Una de las soluciones futuras parece ser los nuevos modelos de aprendizaje que incluyan las TIC como soporte educativo o como nuevos modelos de enseñanza/aprendizaje basados en prácticas, experimentaciones y colaboración entre todos los agentes educativos así como también familias y empresarios. Las políticas educativas unidas a las Nuevas Tecnologías están facilitando la implantación de nuevos modelos de enseñanza/aprendizaje con una mayor adaptación a las necesidades reales del mercado de trabajo que están solicitando la nueva sociedad. Así parece creíble la creación de un modelo como lo que se quiere implementar en las escuelas secundarias y que se construye debajo de una serie de condiciones, como son las siguientes: competencias de profesores, equipos informáticos, relaciones entre personas, inclusión de varias entidades Escuela-Empresa-Familias y otros elementos de la comunidad cercana, sistemas de evaluación y nuevas formas de estar comunidad.

Palabras claves: Modelos de enseñanza-aprendizaje, clases virtuales, constructivismo, tecnologías, conocimiento.

1. INTRODUCCION

Las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (TIC) se han extendido en todas las áreas de la sociedad y su uso es cada vez mayor en la Educación. La actual Enseñanza Secundaria que en Portugal corresponde al 2º ciclo – 7º, 8º y 9º años de ensino - Ensino Básico que es obligatorio y el Bachillerato o 3º ciclo – 10º, 11º y 12º años - Ensino Secundário que es facultativo, tienen una gran necesidad de desarrollo de infraestructuras, creación y recreación de contenidos informáticos educativos, reformulación de modelos de enseñanza entre otros que posibiliten sustentar las clases virtuales y la enseñanza mixta – virtual y presencial.

El profesor además de tener un buen bagaje científico, debe compartir eficazmente sus conocimientos con sus alumnos, colegas y además interesados en lo proceso de enseñanza-aprendizaje y esa compartida colaboración se puede hacer basadas en infraestructuras tecnológicas, [9]. Los nuevos modelos de enseñanza propiciados por las TIC, el alumno pasa de ser ente pasivo que escucha al profesor a ser actor y participe de su propio aprendizaje y esto es lo mismo que decir que los modelos van a cambiar cada vez más. Los medios informáticos, audiovisuales y de multimedia son cada vez más una realidad y los contenidos programáticos que hacen uso de estos medios están hoy en cualquier programa del currículo oficial de enseñanza Secundaria, Bachillerato, cursos profesionales, o cursos de enseñanza y formación de las escuelas oficiales, no solamente en las disciplinas de tecnologías, sino también en todas las otras áreas educativas.

El objetivo general de este estudio debe analizar como se aplican en las actuales escuelas portuguesas, del punto de vista teórico y practico, los diversos modelos del conocimiento y las formas como se aplican, y buscar nuevos modelos, nuevas soluciones que pueden ayudar la integración con eficacia, de alumnos en la vida profesional. Los actuales modelos en Portugal parecen tener vacíos que podrán ser solucionados con nuevos modelos de Enseñanza/Aprendizaje que van a permitir no sólo un mejor aprendizaje por los alumnos, sino además una posterior integración en la vida laboral por lo que serán mas eficaces en su aplicación.

Alguna de las soluciones futuras parece ser los nuevos modelos que incluyan TIC. Modelos de Enseñanza/Aprendizaje basados en prácticas, experimentaciones y colaboración entre todos los agentes del medio educativo y comunidad cercana como sean las familias y empresarios. Los problemas con las competencias de todos estos agentes en el uso y aplicación de las TIC y objetos de aprendizaje son también factores a tener en consideración para que los modelos puedan tener suceso.

Hoy hay un fuerte consenso relativo a la importancia y relevancia de las TIC para fines educativos pero también se aprecia una gran preocupación con su poca utilización e integración en las diferentes áreas de trabajo en la escuela, y particularmente con la construcción del currículo [7],[11] cit. [4].

En un estudio [4] dice que 85% de los profesores que terminan sus clases de formación en TIC, afirman que no realizan un uso continuado de los computadores en sus salas de aulas. Las razones en estos casos son el software que no se adapta a sus tareas, su falta de preparación sobre el uso del computador en el aula de clase y la correspondiente falta de información sobre su uso para fines educativos [12].

Segundo [5] no son los bajos recursos informáticos o la poca motivación de los profesores los que hacen fracasar los proyectos, sino son sobretudo los factores relacionados con dificultades en el uso de las TIC los que conducen a muchos profesores a resistirse a la adopción de nuevos modelos virtuales y basados en las TIC. En estos modelos se pueden integrar el núcleo de la sala de aula, los profesores de la signatura, los otros profesores, la escuela, el núcleo familiar para acompañamiento y el núcleo empresarial. Solamente con conexiones en red se pueden permitir estos modelos más adaptados a la realidad de hoy y a las tendencias del futuro próximo.

2. LAS TIC Y SU IMPORTANCIA

La estrategia de adhesión a la sociedad de la información y del conocimiento debe permitir el uso de incentivos que faciliten la adquisición de los computadores para las familias, así como el pago de bajos costes en las tarifas de navegación en Internet y del equipo necesario para este acceso. En 2005 las ventajas en el pago de impuestos para la

compra de equipos Informáticos habían sido suspendidas, pero sin embargo el gobierno se volvió atrás para estimular las compras en esta área¹.

En Portugal se han promovido otras estrategias e iniciativas para el desarrollo de la sociedad de información en el contexto de la sociedad en general y más en particular en el área de educación. Algunas de las más recientes de esas estrategias se describen ahora.

Metas: Portugal Digital 2010

Las iniciativas Ligar Portugal se establecen una ancha estrategia para la movilización de personas y organizaciones donde sea posible fomentar la utilización de la información y del conocimiento para la consecución de los objetivos de desarrollo de las personas, crecimientos de las organizaciones, empleo, donde se valorará el conocimiento. Estas son las metas para año 2010 que se han establecido en el contexto Europeo de Portugal.

Infraestructuras y accesos:

- Duplicar los usuarios regulares de Internet. En el año 2010 debe sobrepasar el 60% de la población portuguesa (eran 25% en Portugal y 41% en UE15, en 2004);
- Triplicar el número de familias con acceso al Internet en banda ancha para llegar a más de un 50% antes del 2010 (17% al final de 2004);
- Aumentar el número de computadores en las escuelas para que se pueda tener 1 computador por cada 5 alumnos hasta 2010;
- Asegurar que el precio de servicio de acceso permanente al Internet en banda ancha esté entre los 3 más bajos precios de la UE, en 2010.

Creación de empleo, desarrollo económico e social:

- Aumentar el número de empleos en las TIC hasta llegar al 3% del total de empleo;
- Aumentar el porcentaje de trabajadores que utilizan computadores con conexión a la Internet en su empleo hasta llegar al menos 40% (19% en 2004);
- Aumentar el uso del comercio electrónico hasta conseguir al menos 25% de la población (3% en 2004);
- Asegurar que todos los servicios públicos básicos se encuentren a disposición de los usuarios en red “online”.

Un esfuerzo mayor deberá ser realizado en torno da la movilización de la sociedad de información en los procesos de enseñanza/aprendizaje donde se incluyen:

- La modernización y abertura de un ambiente escolar que permita ambientes de trabajo virtuales para los alumnos, documentación en formato electrónico y sistemas de acompañamiento de alumnos por padres y profesores y la participación en proyectos de cooperación nacionales y internacionales;
- La generalización del dossier individual electrónico (portfolio) del estudiante que termina su escolaridad obligatoria, y donde se registrarán todos sus trabajos más relevantes, se comprobarán las practicas adquiridas en los diferentes dominios (artístico, científico, tecnológico, deportivo y otros) y se demostrará el uso efectivo de las tecnologías de información y de las comunicación en todas sus disciplinas escolares.

En las arenas de desarrollo de competencias de los portugueses y de sus capacidades científicas y tecnológicas se deberán aumentar el número de personas que participan en acciones educacionales y de formación para alcanzar en el año 2010 al menos 13% de la población con edades entre los 25 y los 64 años (4,8% en 2004);

Las Tic en lo sistema educativo secundario y de Bachillerato

¹ O Governo, materializando o Programa Ligar Portugal (Programa Nacional para a Sociedade de Informação), aprovou em sede de Orçamento do Estado para 2006 uma dedução fiscal no IRS para compra de computadores, software e equipamento terminal até metade do preço de compra, com um limite máximo de 250 euros. Destaque no documento Ligar Portugal - www.ligarportugal.pt/ (online 16-05-2006).

En la nueva era de "la sociedad del conocimiento",

"... adentramos en la sociedad del conocimiento que convive sin fisuras con la sociedad de la información o cibernética. Las organizaciones empresariales y públicas disponen de un recurso vital e intangible que les permite desarrollar su actividad esencial: el conocimiento. ..."[6],

la información y las comunicaciones, son factores claves en los procesos de producción y creación de riqueza. En particular en la enseñanza, las TIC cumplen un papel determinante para el desarrollo de jóvenes en áreas tan distintas como: las mejoras del proceso cognitivo, la puesta en práctica, sociabilización, o creatividad. Así no es difícil de entender que será una clave fundamental la existencia de las TIC en los estudios de la enseñanza secundaria y bachillerato.

Integración de las TIC

A finales de 1996 y en años siguientes, se pusieron en marcha 2 programas que tenían en su horizonte los Sistemas de información y la integración de las TIC en lo sistema educativo, con especial enfoque en las tecnologías de multimedia y de la red de comunicaciones: el "Programa Nónio — Século XXI" – Programa Nónio — Siglo XXI y el "Programa Internet na Escola" - Proyecto Internet en la Escuela [10].

En 1997 a través del Proyecto Internet en la Escuela, fueron instalados en todas las bibliotecas de las escuelas, un computador multimedia con conexión a la red que permitía además la iniciación de la construcción de la "homepage" de Escuela. Este marco en las escuelas avanzó para dar soporte a otras nuevas instalaciones multimedia, ya que este número era insuficiente. Entretanto se ha realizado una reorganización curricular que ha comenzado en el año lectivo (2001-2002) para los 1º y 2º ciclos de escolaridad y en 2002-2003 para lo 3º ciclo (al nivel del 7º año de escolaridad) y de la enseñanza secundaria (al nivel de 10º año de escolaridad), continuando en los otros años siguientes de escolaridad.

Para que la integración y utilización de las TIC en las escuelas y en las prácticas educacionales sean bien recibidas es necesario reforzar el equipamiento informático y, simultáneamente, delimitar una estrategia² cuyo plano de acción pase por la valorización de las TIC en el contexto del proyecto educativo/curricular de las escuelas y de las clases, a través de la creación de dispositivos eficientes de actualización/manutención y de toda la animación de los sistemas tecnológicos y también por una adecuada formación del nivel de todos los profesores.

La Comunidad Educativa y el resto de los agentes educativos tienen ahora un gran reto: comprender que las TIC pueden dar a las escuelas una oportunidad de pasar del modelo educativo de reproducción de información a un modelo de funcionamiento basado en la construcción compartida del conocimiento, abierto a contextos sociales y culturales, a la diversidad de alumnos, a sus conocimientos individuales, experimentos y intereses particulares, en fin, en constituirse como una verdadera Comunidad de enseñanza/aprendizaje.

3. NUEVOS RETOS PARA LOS ALUMNOS

Combate a las dificultades escolares

El acceso a nuevas componentes de formación sobre todo prácticas, a profesiones técnicas o a oficios fundamentales para el desarrollo de la economía y de la nueva sociedad permitirá que los nuevos estudiantes que realicen estos cursos puedan ser vistos como los nuevos pilares que permitirán mejorar las condiciones de vida de nuestra sociedad. Estos jóvenes pueden ser considerados como símbolos de suceso a corto y medio plazo. Esta perspectiva se incluye en los objetivos que están por detrás de todos los cursos de formación profesional y de cursos de enseñanza y formación (CEF) que las escuelas se preparan cada vez más para cambiar la realidad global en los planos de la enseñanza de Portugal³.

El concepto de bien sucedido en la escuela ha sido transmitido como un mensaje para permitir una vida de confort, con acceso a bienes de consumo, a la imagen de suceso. Mientras las exigencias son cada vez más difíciles de alcanzar y la "dulce vida" es cada vez más difícil de conseguir. Esta idea puede crear una doble frustración, primero porque hay cada

² Estratégias para as TIC - <http://www.giase.min-edu.pt/upload/docs/estrategias.pdf> (online 06-06-2006)

³ D.L - Decreto-Lei n.º 74/2004, de 26 de Março e Decreto-Lei n.º 88/2006 de 23 de Maio, possibilita a criação e abertura de cursos profissionais e de educação e formação no Ensino Básico e Secundário.

vez más jóvenes que no terminan su escolaridad básica y la segunda es que mucho no creen o no están mirando alternativas en los mercados de trabajo⁴.

Dentro de las medidas innovadoras se destacan la diversidad de soluciones y ofertas educativas, cambiando los cursos más específicos, principalmente en la enseñanza secundaria, procurando adaptarlos a la nueva realidad educativa, aumentado las motivaciones, incrementado las expectativas y aspiraciones de los alumnos a las exigencias que hoy en día son necesarias para el desarrollo del País⁵.

Populación Escolar en la Enseñanza Secundaria Obligatoria

El abandono en la escuela está perdiendo importancia, pero en cambio el fracaso escolar sigue siendo un problema. Según datos del ministerio de la educación para el año de 2006, el número de alumnos en la educación básica en el continente (Portugal sin considerar las Islas) sufrió una reducción de alrededor de una quinta parte, durante la década de los noventa, explicada por la regresión demográfica. No obstante la reducción del número de alumnos en la educación básica, los individuos que terminan con éxito el 3º ciclo son cada vez más numerosos. Por ejemplo, en 1991, 35% de la población con 15-19 años tenían el 3º ciclo como calificación mínima, valor que casi duplicó (67%) en 2001. Sin embargo, el Gobierno⁷ apunta que aunque los progresos están contrastados hay 2 factores que continúan marcando la trayectoria de algunos jóvenes en este período de la escuela: el abandono (la salida de la escuela antes de los 16 años de edad sin terminar el 9º año de escolaridad obligatorio) y el fracaso. El documento de empadronamiento del Gobierno Portugués en 2003 sigue su análisis:

“Comparando la composición de edades de algunos ciclos de la educación básica, una evidencia es que el 1º ciclo presenta una proximidad más grande ya que incorpora la edad de la frecuencia “normal” y la edad verdadera de sus alumnos (79% de los alumnos que frecuentaban 1º ciclo tenían menos de 10 años, en 2001). En extremidad de oposición el 2º ciclo es siendo así el grado que presenta la menor concentración de alumnos en la edad correspondiente: solo 54% de alumnos que, en 2001, si encontraron a frecuentar el 2º año tenían 10-11 años. Según lo estudio del Gobierno se muestra que el 2º ciclo tiene un “congestionó particular” para la frecuencia de alumnos en edad superior a la edad normal y el 3º ciclo que aparece adentro como segundo lugar en la parada de escalas de frecuencias más allá de la edad normal.”

Medidas para disminuir el fracaso

Para combatir el fracaso en las escuelas y la salida precoz del sistema educativo, el ministerio de educación dio instrucciones a las escuelas en cuanto al modo de reorganizar el trabajo escolar y optimizar las condiciones de aprendizaje de los jóvenes en la educación básica y secundaria⁸. En Portugal en todos los años salen más de 17 mil alumnos sin terminar el nivel básico obligatorio. El resultado acumulado de esta situación, en cada año lectivo, se traduce en una acumulación de 200 mil jóvenes con menos de 24 años sin tener la escolaridad obligatoria⁹.

Portugal está entre los países con la mayor tasa de abandono y malos resultados escolares de la Unión Europea (UE). En los últimos años, la tasa de abandono escolar y fracaso está en ascenso. Los motivos que están por detrás de esta situación continúan siendo debatidos, porque se piensa que la ausencia de salidas profesionales y los costos financieros que están por detrás, continúa siendo uno de los principales factores que conducen cada vez más los estudiantes a abandonar el sistema de enseñanza. Otro aspecto que se vislumbra para combatir el fracaso en la Enseñanza secundaria y bachillerato se está encaminando hacia programas mas cercanos de la vida activa profesional y se pueden ajustar,

⁴ D.L.- Decreto-Lei N.º 156/2002, Decreto-Lei n.º 286/89, de 29 de Agosto - Estrutura Curricular y Direcção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular. <http://www.gaaies.min-edu.pt/> (online 20-05-2006)

⁵ D.L. - http://www.portugal.gov.pt/NR/rdonlyres/FBB007A2-2191-49A5-8C82-91C9DE779DDE/0/DL_Revisao_Curricular_ESec.pdf

⁶ <http://www.min-edu.pt/Scripts/ASP/destaque/recenseamento03.asp> (online 16-05-2006)

⁷ Ministério Educação, Recenseamento 2003. <http://www.min-edu.pt/Scripts/ASP/destaque/recenseamento03.asp> (online 16-05-2006)

⁸ Novas oportunidades para a conclusão do ensino básico. - <http://www.professores.pt/acessivel/ficha.jsp?id=79>, 01 de Fevereiro de 2006, (online 16-0-2006)

⁹ Medidas de combate ao insucesso escolar – Ministério da educação 07 de Dezembro de 2005. <http://www.professores.pt/acessivel/ficha.jsp?id=65> (online 16-0-2006)

incentivar y tornar mas apelativos para los jóvenes que ahora están pensado a quitar la escolaridad básica o bachillerato¹⁰.

Nuevas concepciones para la Educación

La educación sirve para elegir el pensamiento y lo espíritu, hacer despertar sentimientos Universales, segundo tradiciones y convicciones de cada uno, respetando totalmente el pluralismo. La educación para toda la vida se presenta ahora como una solución para el saber estar en lo siglo XXI. Viene a dar respuestas para los retos del mundo en rápida transformación y donde necesitamos estar preparados para acompañar la innovación en la vida personal y profesional. La diversidad de personalidades, la autonomía, el espíritu de iniciativa, hasta mismo el gusto sensato por la provocación, son soportes de la creatividad y de la innovación.

La globalización ha conducido a la necesidad y a lo deber de comprender mejor el otro, de comprender mejor el mundo. Como refiere la comisión Europea en su documento de Delors¹¹, una fuerza muy importante está contenida en los 4 pilares que son la base de la educación – el saber vivir en común. Aprender a vivir juntos, desarrollar el conocimiento del otro, su historia, tradiciones y espiritualidad. Sin embargo, no nos podremos olvidar de los otros 3 pilares de la educación, que de otra forma nos permiten aprender a vivir juntos. En primero aprender a conocer, de seguida aprender a hacer y en final y por de cima de todo, aprender a ser.

No basta con que cada uno por si mismo aumente sus conocimientos, es necesario aprovechar y explorar, desde el inicio al fin de una vida, todas las ocasiones para actualizar y enriquecer estos primeros conocimientos y que después permitirán adaptarnos al mundo en permanente cambio. La enseñanza formal tradicional se basa esencialmente, y no exclusivamente, en aprender a conocer y en menor escala, en aprender a hacer. Así aparecen ahora retos nunca pensados, el saber hacer, estar y ser, a través de la adquisición de diversas capacidades que se consideran ahora en toda su plenitud y que ayudan a la realización de una persona en toda su globalidad. El mundo actual es muchas veces un mundo de violencia que se oponen a la esperanza en un progreso de la humanidad y por eso, aprender a vivir juntos, aprender a vivir con los otros es una aprendizaje que representa hoy, un de los mayores retos de la educación.

En este mundo en cambio sistemático – que da una importancia especial a la imaginación y creatividad – las escuelas tendrán un papel determinante como agentes de motorización para la innovación que podrá sostener el crecimiento y lo desarrollo económico y social. Por otro lado, en la práctica de enseñanza diaria, la participación de profesores y alumnos en proyectos conjuntos y comunes pueden originar aprendizaje de métodos de resolución de conflictos y construir una referencia para la vida futura de los alumnos, y además, tornar más rica la relación alumno-profesor.

Cursos profesionales y cursos de educación y formación – Nuevas Oportunidades

Los cursos profesionales¹² y los cursos con más componentes prácticas pueden servir para revertir un sistema que se tiene que modernizar y que tiene que comprender esta nueva forma de estar y sentir en esta nueva Sociedad. Con este tipo de cursos no solamente la escolaridad obligatoria será finalizada sin abandono, aunque es alcanzada una formación práctica que hasta ahora no era posible en la enseñanza tradicional. Se puede añadir también las mejoras de la autoestima, los refuerzos positivos de los afectos al redore, quiere por los colegas, familiares y profesores aunque por la sociedad en general¹³.

La colaboración de las escuelas con las compañías del sector tecnológico como Microsoft, Fugitsu/Siemens, Accer, Dell, etc. con software y facilidades de equipos, ha tenido efecto visible y positivo en innumerables partes y acontecimientos.

¹⁰ D.L.- Criação de cursos profissionais no ensino Básico. http://www.drec.min-edu.pt/e/downloads/Concurso_TIC_2006_Accao51.pdf; http://www.igfse.pt/LP/como_aceder_2.asp?auxID=intervops&newsID=343

¹¹ Unesco 1996 - Relatório "Educação, um tesouro a descobrir. Relatório para a Unesco da Comissão Internacional sobre a Educação para o século XXI", coordenado por Jacques Delors, chamou a atenção para o impacto que as TIC podem ter na renovação do Sistema Educativo.

¹² Decreto-Lei n.º 74/2004, de 26 de Março, estabelece os princípios orientadores da organização e da gestão do currículo, bem como da avaliação e certificação das aprendizagens do nível secundário de educação, aplicáveis aos diferentes percursos do nível secundário de educação.

¹³ D.L. – Cria cursos profissionais nas escolas públicas - No próximo ano lectivo o Ministério da Educação pretende aumentar em 25% a oferta de cursos profissionais em relação às designadas vias gerais de ensino. Também os 86 concelhos incluídos na área de influência da Direcção Regional de Ensino do Norte (DREN) deverão ver aumentada, no mínimo, dez vezes mais, a oferta de cursos profissionais no âmbito do programa "Novas Oportunidades". Cursos: <http://www.giase.min-edu.pt/roteiro0405/htms/glossario.htm> - ofertas de cursos (online 25-05-2006)

El congreso de los profesores innovadores¹⁴ he conseguido una muestra de iniciativas y la divulgación de algunas acciones en el ámbito de las nuevas tecnologías y de las escuelas del futuro. Hoy las formas diversificadas de trabajo, exigen capacidades adecuadas y ajustables. La formación a través de la vida es ahora una constante y por lo tanto la relación entre alumnos y profesores se espera con una continuidad más grande. Este hecho impone calidad, calificaciones y “skills” apeteencias como la creatividad, innovación para que sea posible estimular a los estudiantes, es decir, capacidades crecientes para el profesor.

El profesor tiene que demostrar y tener capacidades que traspasen el saber inherente al de sus calificaciones académicas. Cuenta cada vez más la relación con los alumnos, en afectos, disponibilidad e interés, las relaciones interpersonal alumno-profesor tienen cada vez un peso más fuerte. La escuela tiene que ir más allá y ser un agente de la armonía entre la diversidad cultural¹⁵, religiosa o de otra naturaleza, donde si promueve la ciudadanía y el acuerdo entre todos y más allá la función para ser posible aprender a saber, para hacer y de vivir en común y que culmina en saber a ser.

4. NUEVAS COMPETENCIAS Y NUEVOS MODELOS

Los modelos que ahora se tienen que construir dejan para al revés la tradicional retórica de los profesores como centro del conocimiento y comienzan a integrar modelos constructivistas de aprendizaje que traen a las clases, la participación activa de todos los profesores y alumnos. Pero la evolución está creciendo y este tipo de modelo debe ser mejorado y comenzar a integrar profesores, estudiantes y todos los otros agentes que pueden mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje.

Las aulas de clase son cada vez centros más conectados al mundo por medio de la Internet. Así los modelos tienen no sólo que ajustarse a la entrada de las tecnologías de la información y de la comunicación como herramientas de trabajo sino como plataforma de la infraestructura que suporta los nuevos modelos de Enseñanza/Aprendizaje. En esta secuencia la integración del contenido y las tecnologías necesitan requisitos de algunas naturalezas.

Integración de lo contenido y las tecnologías

- Infraestructuras tecnológicas: red, acceso a la Internet, aplicación multimedia, VoiceIP, Messenger, aplicación de oficinas y aplicaciones dedicadas; bases de datos, de información y conocimiento y sus respectivos gestores; y equipos que soporten esta arquitectura. Hay que añadir a los computadores personales otros equipos que hoy comienzan a hacer parte de los materiales tecnológicos en las clases, datashow, cuadros digitales, tablets PC entre otros.
 - Software: sistema operativo con posibilidad de servicios de red; aplicaciones para la enseñanza, aplicaciones de oficinas, aplicaciones multimedia; aplicaciones colaborativas; aplicaciones de comunicación;
 - Hardware: equipamientos personales, mínimo de 2 por persona, servidor de red, dispositivos de almacenamiento de gran capacidad (DVD RW); data show; cuadros digitales; cámaras de vídeo, equipo de sonido;
 - Gestión de Base de Datos: base de datos y de información, sistemas de gestión de base de datos y de información que sirvan para el almacenamiento de contenidos, con posibilidad de acceso a todos los elementos de la sala de aula, escuela y otros accesos internos o externos;
 - Comunicaciones: Wireless y/o a través de redes de alta velocidad.
- Contenidos integrados: los cursos necesitan tener efectivamente conexiones entre contenidos y posibilitar el máximo de práctica, promoviendo el saber hacer en conjunto con todos los contenidos y temas del curso.
- Competencias de los profesores: en el contexto educativo las competencias del profesor deben permitir que en su clase y escuela sean capaces de transmitir conocimientos, objetivos, formas de estar y de sentir que faciliten el desarrollo y formación del estudiante, al nivel del saber hacer, saber estar y al final de saber ser. Añadir también

¹⁴ 2º Seminário Professores Inovadores – Torre do Tombo. Microsoft Portugal. Lisboa, 2006.

¹⁵ D.L. - Decreto-Lei n.º 74/2004, de 26 de Março – Cursos Profissionais

competencias para mejorar las relaciones con todos los otros agentes que participan en lo sistema educativo, es decir, crear un ambiente de partilla de saber y de buenas relaciones.

Competencias Generales

Hay una serie de competencias que se pueden identificar [13] en los profesores y que se enumeran en su propuesta. Para mejor detalle este profesor define los procesos cognitivos donde están contempladas acciones como Bloom¹⁶ identificó en su trabajo. Como he dicho Castaño [3] citando también Delors y reforzando que los profesores de hoy tienen una tarea mas exigente que nunca, se refiere a sus competencias diciendo que:

“Para desarrollar su actividad con calidad, a los profesores les concierne también el imperativo de actualizar sus conocimientos y competencias a lo largo de la vida. Deben perfeccionar su arte y aprovechar las experiencias realizadas en las distintas esferas de la vida económica, social y cultural; así como trabajar en equipo a fin de adaptar la educación a las características particulares de los grupos de alumnos (Delors, 1997).”

Competencias “Core” Generales dos profesores [13]

- Personales: Desarrollo de habilidades de interacción efectivas, enfrentamiento de situaciones problemas, afrontamiento a condiciones estresantes, de manejo de la emocionalidad y los afectos, de aprendizaje continuo y actualización permanente;
- Disciplinarias: Desarrollo de habilidades orales y/o escritas que muestren el conocimiento, la defensa y contextualización de su disciplina, las dimensiones del conocimiento contextualizadas en la disciplina, sus áreas, las relaciones y diferencias con otras formas de conocimiento y disciplinas;
- Técnico-Profesionales: Desarrollo de habilidades que a través de elaboraciones de investigaciones, proyectos, planes de acción, generación y movilización de recursos posibiliten analizar y tomar decisiones; desarrollo, implementación, evaluación de soluciones y estrategias de intervención en contextos o ambientes específicos para la acción del profesional, a nivel individual, grupal, organizacional, colectivo, social.

Competencias Cognitivas

Las competencias cognitivas y de acción básicos para la investigación de acuerdo con Zabaleta [13], siguen los verbos de acción que Bloom con su taxonomía identificó en su trabajo y que siguen siendo importantes guiones para la evaluación de competencias cognitivas. Se siguen las descripciones que como Zabaleta indica, pueden mejorar y describir de forma mejorada, los procesos cognitivos referentes a la investigación y solución de problemas. Estas directrices mejoran lo entendimiento de evaluación de las competencias necesarias a los profesores de hoy. Estas características que Zabaleta describe en su trabajo, evidencian la necesidad de tener contenidos de trabajos más prácticos, más trabajo conjunto, más posibilidades de investigación, de creación de escenarios que desafíen los alumnos y le permitan ser más creativos, innovadores y también más habilitados a coger riesgos y a enfrentar nuevos problemas y a solucionarlos.

¹⁶ La Taxonomía de Bloom - se resume en una tabla que contiene los verbos utilizados para describir la conducta esperada en un Objetivo de Aprendizaje.

5. AGENTES COMPLEMENTARIOS AL MODELO – IMPACTES

La escuela no es una isla, vive rodeada de entidades que cada vez tienen mayor importancia para el desarrollo de la vida de los estudiantes, su curso, su futura vida laboral. Varias se pueden apuntar pero aquí se refieren las que en este estudio son más relevantes: familia, empresas y comunidad cercana.

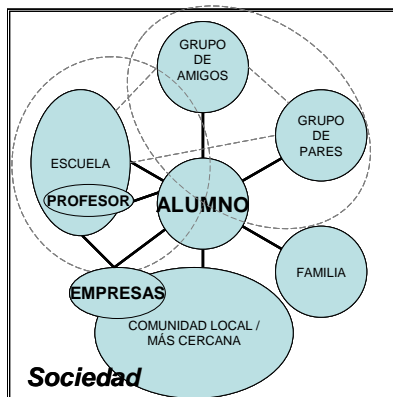


Figura 13 - Esfera de influencias – agentes condicionantes que envuelven lo adolescente

La importancia de la Familia

Son las familias y las instituciones y particularmente las escuelas y los profesores que constituyen los agentes básicos para la búsqueda del aumento de la autoestima del adolescente. “Ayudar un adolescente para que sea asertivo y crezca con una adecuada autoestima es contribuir para su felicidad” [2]. Se prueba que los niños con niveles más grandes de la autoestima, seguridad en sí mismo, capacitados de sentido crítico, son también los que llegan a la adolescencia y se ocupan mejor de las dificultades apropiadas de la edad y reaccionan mejor a las presiones del grupo. En una palabra, los niños con una autoestima mejor y un buen sentido de crítica son también los que mejor sobrepasan los factores del riesgo en cualquier edad [1]. El acompañamiento del desarrollo de las actividades de los jóvenes por sus padres a través los medios informáticos de hoy y que se pueden constituir en un aula de clase, hace posible una flexibilidad más grande, reducción del tiempo y acceso a una serie de información y de respuestas que en los procesos tradicionales llevaría más tiempo y no sería tan detallada o correcta.

La importancia de la información centralizada e integrada en la Escuela

Uno de los grandes problemas de la gerencia de la información en las escuelas es la carencia de la integración de sistemas y de los datos e información. Estos problemas que hace algunos años atrás existían en muchas organizaciones y compañías privadas. Un ejemplo se refiere a computadores sin conexión entre departamentos, aislados dentro de las organizaciones, conduciendo a la ineficacia del trabajo y de la asignación del conocimiento, duplicación de la información, errores acumulados y débil productividad que de allí transcurre.

Las secretarías no están conectadas en red a los computadores del profesorado, y así la información sobre la asiduidad de alumnos y profesores, horarios, evaluaciones, datos personales de los alumnos y profesores y otra información dentro de la escuela no está centralizada ni conectada. Se duplica información, se recogen esfuerzos duplicados y al final de todo, ocurren más errores y no se tiene la disponibilidad en tiempo real de adquirir la información. Los contenidos de los cursos no están centralizados y mucho menos convertidos al formato digital y así se obstaculiza el uso y adaptación de contenidos, por todos los alumnos y profesores dificultado las adaptaciones y evaluaciones en el transcurso del año escolar. Estas marcas negativas como el difícil acceso no sólo a los profesores sino también de los alumnos que no tienen así una base para la información de sus contenidos en tiempo real donde puedan interrelacionar todas las materias, y donde podrían tener también información de su “*portfolio*”, se traduce en un mal funcionamiento de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje-aplicación. Un ejemplo de una mejora sencilla: en caso de ausencia de un profesor, los alumnos podrían continuar estudiando los contenidos de una forma más fácil y eventualmente virtual, y ser apoyados por otros

profesores, en el caso de que estos contenidos y toda su planificación estuviese depositada en una base de datos o base de conocimiento. El almacenaje de información en infraestructuras tecnológicas deberá facilitar estos procesos que se esperan desarrollar en la actual sociedad de conocimiento en la cual las Escuelas están inseridas.

La importancia de la información accesible a los futuros empleadores

Los empresarios podrían de forma fácil acceder a la red interna de la escuela a través de contraseña, a páginas, bases de información u otros lugares de la información para saber lo que se hace en la escuela, que contenidos y usos de prácticas y trabajos son hechos, actividades relacionadas y otras ofertas de la escuela. Por su lado los empresarios podrían considerar nuevos proyectos, indicar nuevos contenidos que se crean que podrían ser útiles para las escuelas y que más adelante útiles, para las empresas. Avisos, competiciones u otras actividades de las empresas podrían tener visibilidad en estos modelos de enseñanza-aprendizaje-aplicación. Una de las contribuciones que se pueden esperar por parte de las empresas, es la realimentación de los modelos de enseñanza-aprendizaje-aplicación que con su contribución a través de indicadores de evaluación pos formación, sugerencias de mejor integración de los alumnos o formados en los diferentes niveles de competencias: profesionales, personales e interpersonales.

La importancia de la información accesible a la comunidad

Toda la comunidad debe estar en conexión con las escuelas y tener una participación activa en las actividades de la escuela, conocer los programas educativos para jóvenes y adultos e integrar las actividades de la comunidad que se muestren con interés de todos y particularmente de la escuela y de los jóvenes.

Dificultades de contexto

Del punto de vista técnico, estos modelos integrados no son muy difíciles ni complejos de obtener y poner en práctica. Considerando las condicionantes técnicas, lo más difícil son las conjugaciones de las varias tecnologías y el evitar de duplicación de datos y información. En este contexto, las mayores preocupaciones son los recursos materiales y humanos en particular en países que como Portugal donde hay bajos niveles de escolaridad y donde la economía está en retroceso.

Las escuelas no tienen presupuestos que permitan crear infraestructuras adecuadas y las dificultades de gestión sobretodo en la gestión del equipo informático. En general esta gestión es deficiente porque no hay competencias, la experiencia es baja y los recursos son escasos en esta área tecnológica. Todas las escuelas de Bachillerato tienen equipos informáticos “Standard”, en cada sala de aula TIC hay 14 computadores, una media de 1 equipo por 2 alumnos, una impresora y un servidor que permite tener todos los computadores en red¹⁷. El software posibilita trabajar con el MS office, Linux, conexión a Internet y es también posible las conexiones con otros equipos de multimedia. Esta medida esta ahora a ser alargada a niveles más bajos del ensino¹⁸.

Mientras y lo peor, es que todas las otras salas de aula no tienen estos equipos, ni existen computadores o equipos de multimedia actuales. Con la exclusión de las salas de aula TIC, podrán en media existir 1 o 2 ordenadores y un “datashow” para toda la escuela. En respecto a la población fuera de las Escuelas, los reportes estadísticos generales sobre las familias indican que estos agregados son en Portugal de bajos recursos económicos, sin embargo, en media, las familias tienen un computador y acceso al Internet. Como indica (UMIC, 2004) 50% de las familias en general y cuando tienen jóvenes en sus agregados, se esfuerzan por tener quipos informáticos en sus casas. La dificultad reside en su manejo ya que estas familias tienen muy pocos conocimientos de informática y al mismo nivel educacional, los grados de escolaridad son bajos. Así el uso y manejo de los equipos está a cargo de los jóvenes y las familias en general, tienen una retracción en su uso como refiere (UMIC, 2004). De cualquier forma el computador puede ayudar como elemento aglutinador dentro de la familia si los contenidos fueren más anchos del punto de vista de lo que la escuela transmite.

Si la escuela quiere crear un modelo integrado, deberá permitir la integración de los jóvenes y de sus familias en entorno de la escolar y del conocimiento. Más allá de crear un incentivo a la participación más activa en las actividades de los jóvenes, también sirve para movilizar a las familias y comportarse como más interventivas y activas en los procesos de

¹⁷ <http://www.drel.min-edu.pt/tic/tic.htm> - Salas TIC

¹⁸ Programa 1000 Salas TIC.

http://www.portugal.gov.pt/Portal/PT/Governos/Governos_Constitucionais/GC15/Ministerios/MEd/Comunicacao/Notas_de_Imprensa/20040315_ME_d_Com_TIC.htm (2004, ME) (online 01-06-2006)

enseñar-aprender para que puedan contribuir con sus ideas y alcanzar con este vínculo, una presencia más constante en la escuela y particularmente en el entorno de los profesores, permitiendo una dinámica mucho más fluida de conexión entre todos los agentes. Mientras hay que comprender que la escuela tiene una serie de inadaptabilidades que condicionan este tipo de modelo y que siguen alrededor de dificultades con los recursos humanos en respecto a competencias con las TIC. En general son los profesores de las TIC los que tienen más habilidades y competencias para trabajar con las tecnologías de información y comunicación y sus contenidos, ya que tienen las bases de su educación profesional basadas en estos sectores tecnológicos.

Los profesores de otras disciplinas tienen a veces dificultades y temor a utilizar las nuevas tecnologías y son muchas veces resistentes a los cambios unas veces porque no quieren esforzarse un poco y otras porque no se formó suficientemente en las nuevas herramientas, dificultando de esta forma el uso de las nuevas tecnologías que son añadidas a las dificultades de las infraestructuras tecnológicas. Podemos decir que a veces la resistencia viene de dentro de las escuelas por las razones señaladas a las que hay que añadir otras razones no del carácter de capacidades sino de miedo al poder fallar ante los nuevos desafíos.

Todas estas dificultades muestran que los modelos que se pueden desarrollar tienen que ser fáciles, accesibles del punto de vista de los usuarios, no pueden ser caros y ser además motivadores, para permitir la adherencia más grande de su uso. Así la oferta de un nuevo modelo tendrá que tener una serie de características que vayan a reunir las características que detrás se han relacionado y reportado.

Dificultades en la evaluación práctica y incorporación de resultados

Las evaluaciones hechas a las acciones y a los cursos de la formación son efectuadas en general después del término de estos cursos. Por lo general no se sabe lo que sucede después de la formación, es decir, si la formación ha sido hecha con eficacia y si originó mejoras al trabajo. Son varias las razones y mucho se ha dicho en el tema, pero esencialmente las razones apuntadas por formadores y empresas de formación, en general parecen ser las siguientes: dificultades en medir los resultados después de la formación; se entiende que la formación va por sí propia producir el efecto positivo y no tiene necesidad a hacer cualquier medición; desconfianza en la evaluación.

Los modelos de enseñanza-aprendizaje-aplicación deben por eso completar estas características y dificultades apuntadas para que sea posible en futuro, crear nuevos modelos mejorados y más adaptados al actual contexto de la Era del conocimiento de las redes informáticas.

6. MODELOS INTREGADOS - NUEVO MODELO DE CONOCIMIENTO

Algunas evoluciones al nivel de los nuevos modelos en la Educación

La iniciativa Internet¹⁹ define un incremento acelerado al uso de la WWW en las escuelas, familias, empresas y en la administración pública, como una prioridad estratégica. Se adoptan medidas y acciones muy concretas para conseguir este objetivo, a través de una multiplicación de usos pero también de mejorías estructurales en las conexiones a la Internet, su generalización y incremento de servicios y contenidos disponibles [8].

Escuelas como Lagoa en Açores son el ejemplo de nuevas perspectivas para las escuelas del futuro²⁰. La conexión a la red de toda la escuela, la informatización de todas las clases y los recursos informáticos y multimedia existentes hacen de esta escuela un modelo a seguir. Todos los grupos y asignaturas tienen páginas con contenidos informatizados y con acceso por parte de todos: alumnos, profesores, padres y otras personas dentro de la escuela que trabajan en servicios administrativos. Este proceso se ha conseguido en 5 años.

¹⁹ Iniciativa Internet - www.cisi.mct.pt (online 15-05-2006)

²⁰ Escola da Lagoa, Açores. Professores Inovadores Microsoft event – Torre do Tombo, Lisboa, 2006

El colegio Vasco da Gama es también un ejemplo de modernización en el ámbito das nuevas exigencias y modelos de enseñanza-aprendizaje dando particular relevo al uso de las TIC²¹ y que se presento en el congreso de profesores innovadores propuesto por la Microsoft.

Estos ejemplos portugueses crean nuevas perspectivas siendo probablemente el embrión de un futuro desarrollo tecnológico educativo y muestran que los nuevos modelos están creciendo y que el ambiente está abierto a nuevas formas innovadoras de trabajo en la educación.

Propuestas de un nuevo modelo y de su estudio

Si se pueden unir las concepciones de modelos con infraestructuras tecnológicas, modelos educativos y modelos organizacionales, podremos tener un modelo mixto de conocimiento que permitirá una mejorada gestión de conocimientos, compartida cooperación práctica y un mayor desarrollo de los jóvenes estudiantes pero también de todos los otros usuarios que van a contribuir y permitir una construcción de estos modelos con constantes mejorías. La contribución de todos los agentes podrá mejorar los cursos educativos y profesionales, cursos de formación y cursos terminales con salida para el mercado de trabajo.

La idea es establecer un puente entre la eficacia del curso y la eficacia del trabajo producido por estos cursos. Mejorar las capacidades que los alumnos adquieren y su verdadera concretización en práctica cuando están ante el mundo del trabajo, ejecutando tareas, funciones o actividades para las cuales recibirán formación y que se deberá presentar como mejorada a través de estos modelos. Lo modelo que se propone ahora, deberá ser aplicado en la escuela teniendo las contribuciones de todas las entidades, principalmente el núcleo alumno(s)-profesor(s) y las entidades empresariales. Todas las otras entidades tienen también un papel importante: familias, otros elementos de la escuela (profesores de otros cursos, administrativos) y otros elementos de la comunidad cercana (centros de empleo, centros de jóvenes). Este modelo pretende colmatar vacíos que se encuentran entre la escuela y empresas en lo que se refiere a su operacionalidad, contenidos y motivaciones.



Figura 14 - Proceso enseñanza-aprendizaje-aplicación

En general no se tiene “*feedback*” sobre como los alumnos se comportan después de los cursos de formación y educación, o si la tenemos, esta evaluación no se integra de nuevo en las mejoras del proceso de enseñar-aprender-aplicar. Así se tendrá un modelo conjunto dentro de la Escuela pero también alimentado por agentes exteriores.

Para que se pueda estudiar y experimentar este tipo de modelo conceptual, se irá a escoger un curso de CEF y se va a estudiar su funcionamiento, modificaciones e implicaciones. Con esto modelo, es creíble que los alumnos esteran más motivados porque se encuentran en mayor contacto con las empresas, su realidad, sus necesidades y recomendaciones en el ámbito real y contexto de trabajo de la vida de un trabajador. Su visión no estará separada por la escuela como barrera, pero tenemos un mixto del envolvente Escuela-Empresa a lo largo del curso, donde se recogen sugerencias de las empresas y que así estas contribuyen para las mejorías del curso y por eso del modelo que lo suporta.

Con las TIC como infraestructura de las clases virtuales o presenciales, pero siempre hechas con infraestructuras tecnológicas, se crean un ambiente motivador para todos. Un ejemplo que se está desarrollando y que se muestra muy

²¹ Colégio Vasco da Gama, Meleças Sintra. Professores Inovadores Microsoft event – Torre do Tombo, Lisboa, 2006

motivador, son las presencias de los trabajos de los alumnos en la Internet²². Esto se incluí en todo este proyecto como semilla de motivación y para dar a conocer de forma sencilla, los trabajos de los estudiantes.

7. CONCLUSION

Se identifican y estudian las TIC y su importancia en la enseñanza, esto se relaciona con el comprender de las competencias del profesorado, modelos de enseñanza y exigencias que son demandadas por la sociedad del conocimiento y de las nuevas tecnologías. Exigencias mayores y una visión diferente integrada en nuevos modelos que no sean ya los tradicionales centrados en el profesor como centro del conocimiento, pero basados en cooperación y en constructivismo de aprender a saber, aprender a aprender y a construir el conocimiento en conjunto con los estudiantes con toda la comunidad escolar y cercana. Nuevos retos se evidencian ahora para los jóvenes estudiantes, cuyos estudios que hasta ahora eran más teóricos y más pasivos, se imponen procesos de enseñanza-aprendizaje aplicados, esto es, procesos con una fuerte componente práctica y de cooperación. A estos nuevos modelos de enseñanza se añaden otras componentes de índole psicológica, el saber vivir en Sociedad. Aquí todo se resume a saber hacer, saber estar y esto es, saber ser.

Las políticas educativas, de las TIC y su mezcla, se muestran visibles en un área fértil para la implantación de nuevos modelos que serán más ajustados y más eficaces juntos del mercado de trabajo con una fuerza motivadora que se tendrá que crear también y principalmente junto a los jóvenes.

Con esto modelo, se admite como posible, llenar los vacíos existentes entre la escuela y la comunidad. Se pretende que exista una más fuerte intervención de las empresas, con reflejo en los cursos de formación y educación, con contribuciones sobre eficacia de trabajo y contenidos. Las empresas tienen acceso virtual y si es necesario presencial a estos cursos. Se pretende también que las familias hagan su contribución para mejorar e incentivar sus jóvenes en los estudios, con el acceso virtual o presencial a estos cursos. Así, todas estas entidades podrán a través de las TIC, con su plataforma e infraestructura basada en nuevas tecnologías, acceder a estos cursos y más allá, con el desarrollo del modelo a otros tipos de cursos.

En resumen, todo parece indicar que es posible la creación de un modelo como lo que se quiere implementar y mejorar constantemente, que se construye debajo de una serie de condiciones que fueran apuntadas: competencias de profesores, equipos informáticos, relaciones entre personas, inclusión de varias entidades Escuela-Empresa-Familias y otros elementos de la comunidad cercana, sistemas de evaluación y nuevas formas de estar. El ambiente está creado y es necesario ahora alimentarlo para que pueda crecer.

8. BIBLIOGRAFIA

1. Alcantara, José A. (1993). Como educar la autoestima, Edit. CEAC. S.A. España. 1993.
2. Arce, José Luis Ysern. (2002). Autoestima en el aula, Chillán. Universidad de Bío-Bío. Chile.
3. Castaño, Gonzalo Vidal (n.d.) - La actividad del profesor, (online 19052006) - articulos@educar.org. Cuba
4. Costa, Fernando Albuquerque (2006). Novos Recursos Aprendizagem Microsoft. Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação da UL. 2º Simpósio de Professores Inovadores Microsoft 2006. Torre do Tombo, Lisboa
5. Costa, Fernando Albuquerque Costa (2003), Ensinar e Aprender Com Tecnologias na Formação Inicial de Professores. Texto para publicação no livro de Actas do XII Colóquio da AFIRSE (2003)
6. Joyanes, Luis Aguilar (2002). La gestión del conocimiento en la comunicación - Un enfoque tecnológico y de gestión de contenidos. (Libro de Actas del foro comunicación-complutense 2002: Ayto Madrid: U. Complutense)
7. Plomp, T., & Pelgrum, W. (1991). Introduction of computers in education: state of art in eight countries.
8. Rodrigues, Maria de Lurdes (2001). V Taller Ibero e Interamericano de Indicadores de Ciencia e Tecnologia

²² www.tflorentino.com.sapo.pt (online 01-06-2006)

(Montevideo (Uruguay), 15 a 18 de Outubro de 2001) A Sociedade da Informação em Portugal: metodologias de observação Maria de Lurdes Rodrigues mlr@oct.mct.pt Observatório das Ciências e das Tecnologias - Portugal (www.oct.mct.pt)

9. Sanchez, Lucas (2004). Enseñanza Virtual - Aula Virtual. Tesis doctoral .UPSAM Madrid.
10. Silva, Bento Duarte, (2001). As tecnologias de informação e comunicação nas reformas educativas em Portugal. “Revista Portuguesa de Educação”. 14:2 (2001) 111-153. Universidade do Minho.
11. Simmons, C., & Wild, P. (1991). Student teachers learning to learn through information technology. *Educational Research*, 33, 163-173
12. Wild, M. (1995). Pre-service Teacher Education Programmes for Information Technology: an effective education? *Journal of Information Technology for Teacher Education*, 4(1), 7-20.
13. Zabaleta, Alonso Tejada (2005) - Estructura curricular para la formación profesional por competencias – Universidad del Valle, Cali - Colombia presentación en Julio 26 de 2005.

Metafora de aula de clase como ambiente virtual en el proceso enseñanza-aprendizaje

Andrea del Pilar Méndez Escobar

Fundación Universitaria Agraria de Colombia -
UNIAGRARIA

Departamento de Ciencias Básicas
Bogotá, D.C., Colombia

pilaresc_mendez@yahoo.com

dptocienciasbasicas@uniagraria.edu.co

Sandro Javier Bolaños Castro

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Proyecto Curricular de Ingeniería de Sistemas

Bogotá, D.C., Colombia

sbolanos@udistrital.edu.co

ABSTRACT

The present article raises the partial reflections of an investigation project. It set out to implement a Metaphor of Classroom like Virtual Learning Environment VLE. Using technologies 3D and Multimedia, allow that is pleasant and intuitive for the user. The first part outline a theoretical framework on E-Learning and Virtual Learning Environment, comparing three pedagogical models: conductive, constructive and autonomous learning. The second part, emphasizes the importance of finding us with a information society that contributes new methods of knowledge acquisition in the classroom, seeing without doubt, that the TICs have every time a more important role in the transmission and access to the information in the construction of the knowledge, exploring on the construction of a metaphor that simulates everything the class classroom activities.

Key words:

TICs, E-Learning, Education, Virtual Environment of Learning

RESUMEN

El presente artículo plantea las reflexiones parciales de un proyecto de investigación, en el que se propone implementar una Metáfora de Aula como un Entorno Virtual de Aprendizaje EVA, utilizando tecnologías 3D y Multimedia, que sea agradable e intuitivo para el usuario. En la primera parte se esboza un marco teórico sobre E-Learning y Entornos Virtuales de Aprendizaje, comparando dos modelos pedagógicos: conductismo, constructivismo y aprendizaje autónomo. La segunda parte, resalta la importancia de encontrarnos con una sociedad de la información que aporta nuevos métodos de adquisición del conocimiento en el aula., viendo sin lugar a dudas, que las TICs tienen cada vez un papel más importante en la transmisión y acceso a la información en la construcción del conocimiento, explorando sobre la construcción de una metáfora que simula todo lo que se hace en un aula de clase.

Palabras Claves:

TICs, E-Learning, Educación, Entorno Virtual de Aprendizaje

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo del paper, se proponen dos objetivos, en primer lugar se plantea un marco teórico que esboza la importancia de E-Learning y de los Entornos Integrados de Enseñanza Virtual, como análisis y estudio sobre los nuevos procesos de aprendizaje. En segundo lugar, presentar el trabajo que se ha venido realizando sobre la Metáfora de Aula de Clase, realzando la importancia de los procesos de enseñanza-aprendizaje, que en la actualidad está cambiando constantemente, debido a todos los avances en comunicaciones y en multimedia y que muchos definen y asocian como el logro del aprendizaje bajo un ambiente no presencial y apto para la entrega de contenidos digitales [1].

Dentro del proceso E-Learning, se caracterizan dos formas principales de acuerdo a la interacción que existe entre docente – alumno. Si la interacción es realizada como en una clase presencial, es decir, en tiempo real, entonces el proceso de E-Learning se denomina como **sincrónico**[2], contando con herramientas como las conferencias por voz, el video, pizarras electrónicas, evaluaciones en línea y otras tantas que permitan compartir aplicaciones.

Cuando la interacción no es en tiempo real, entonces el proceso es denominado **asincrónico** [3], el contenido es dispuesto para consulta y está de acuerdo a su ritmo propio. Se permite que desde cualquier lugar y momento pueda acceder a dicho contenido, estimulando la autonomía del alumno. Se puede contar con varias herramientas como el Chat, videoconferencia de baja o media resolución, evaluaciones fuera de línea, entre otros.

El proyecto de investigación, propone por medio del símil, acercar más los conceptos que se trabajan en el Aula de Clase, a procesos virtuales de enseñanza y aprendizaje, para guiar y orientar tanto las aproximaciones analíticas y explicativas de procesos como las tareas de diseño y evaluación de entornos. Esto con apoyo en tecnologías como la realidad virtual, que puede ser utilizada por el usuario de manera intuitiva y de fácil acceso.

2. E-LEARNING

No se puede negar que el aprendizaje es continuo, eso implica que el conocimiento es transitorio y hay que renovarlo constantemente, es muy común encontrar estudiantes con conocimientos deficientes, desprovistos de los elementos necesarios para enfrentar la educación superior, lo que motiva a buscar tipos de estímulos, que permitan mejorar la metodología de aprendizaje, tendientes a producir satisfacción en el aprendizaje.

Definiciones de E-Learning:

- El E-Learning es un término que procede del inglés. Se puede definir como el uso de las tecnologías multimedia para desarrollar y mejorar nuevas estrategias de aprendizaje. En concreto, supone la utilización de herramientas informáticas, tales como CD-ROMs, Internet o dispositivos móviles para llevar a cabo una labor docente. La acepción más común para E-Learning es la enseñanza a través de Internet [4]

- Es un nuevo concepto de educación a distancia en el que se integra el uso de las TIC y otros elementos didácticos para la capacitación y enseñanza. El E-Learning utiliza herramientas y medios diversos como Internet, intranets, CD-ROM, presentaciones multimedia, etc. Los contenidos y las herramientas pedagógicas utilizadas varían de acuerdo con los requerimientos específicos de cada individuo y de cada organización [5].

- Es el conjunto de actividades necesarias para la creación y uso de un entorno de formación a distancia online mediante el uso de tecnologías de la información y comunicaciones [6].

- Es el desarrollo del proceso de formación, a través del uso de las tecnologías de Internet, facilitando los accesos, promoviendo la tecnología y abaratando los costos, el E-Learning debe formar parte integral de los procesos estratégicos

de cualquier organización que pretenda liderizar en esta época de alta competitividad [7].

El mundo esta en continua cambio y es prioritario adaptarnos a nuevos esquemas de educación, es evidente que la Tecnología desde hace mucho tiempo juega un papel importante en la cotidianidad de la educación, además, cabe resaltar, que el profesorado debe tener una nueva concepción de asistencia en la educación, es claro, que el docente vive continuamente buscando formas de mejorar su ejercicio profesional, en esa dirección contar con nuevas soluciones a los problemas convencionales que se dan en el aula de clase, no se pueden desaprovechar y en esa vía las TICs son fundamentales.

3. ENTORNO INTEGRADO DE ENSEÑANZA VIRTUAL (VLE, VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENT)

Un Entorno de Enseñanza Virtual se podría decir que hace referencia al espacio en el que se desarrolla el aprendizaje y a la secuencia de actividades de éste.

Se puede considerar que los VLE, se construyen sobre la base de dos elementos: la educación y la tecnología informática. El Diseño de los Ambientes Virtuales de Aprendizaje, debe apropiarse un modelo pedagógico que converja junto con la arquitectura tecnológica a la mejor elección.

Por tanto, se puede proponer un esquema de diseño a la hora de elaborar los AVA:

- Elegir un *Modelo pedagógico*, que permita facilitar el proceso enseñanza-aprendizaje y potencializar la autonomía, la creatividad y las habilidades de pensamiento en los estudiantes.
- Diseño participativo y *análisis de necesidades* expresadas por profesores, alumnos y académicos, que permitan desarrollar actividades en el Entorno.
- Elección de la *interfaz* y la *Metáfora* que habrán de proporcionar la experiencia del entorno.
- *Arquitectura* del sistema.

Enfoque Pedagógico

Entre las diferentes corrientes de pensamiento, tres son los paradigmas dominantes y los que ejercen mayor influencia en el desarrollo de Ambientes Virtuales de Aprendizaje: el Conductismo y el Constructivismo, y el Aprendizaje Autónomo.

Por un lado, el Conductismo se enmarca en la transferencia pasiva del conocimiento, lo que conlleva a la memorización de los contenidos; se centra en un esfuerzo por “aprender” los conocimientos transmitidos y por otro lado, el “postulado constructivista” y la importancia atribuida a la actividad mental constructiva del alumno en su proceso de aprendizaje tiene múltiples e importantes implicaciones para una comprensión más afinada de cómo se aprende en entornos virtuales y de qué se puede hacer desde la enseñanza para promover ese aprendizaje.

El Constructivismo es una construcción propia que se produce día a día como resultado del ambiente y las disposiciones internas en las que el individuo se encuentre. El conocimiento, es una construcción del ser humano, no es una copia de la realidad. Surge por tanto, el aprendizaje autónomo, cuando el alumno como constructor de su propio conocimiento relaciona los conceptos y les da sentido a partir de la estructura conceptual que ya posee, como un proceso que le permite a la persona ser autor de su propio desarrollo, eligiendo los momentos que considere apropiados para aprender de manera independiente.

Por tanto, el Aprendizaje autónomo, señalado por Piaget, se refiere como aquella facultad que le permite al estudiante tomar decisiones que le conduzcan a *regular su propio aprendizaje* en función a una determinada meta y a un contexto o condiciones específicas de aprendizaje (Monereo, C y Castelló, M; 1997). Por tanto una persona autónoma es “aquella cuyo sistema de autorregulación funciona de modo que le permite satisfacer exitosamente tanto las demandas internas como externas que se le plantean” (Bornas; 1994).

4. ENTORNOS E-LEARNING

Entre los Entornos E-Learning más populares y que se pueden mencionar están:

- *CoSE-Creation of Study Environments*

CoSE ha sido desarrollado desde 1996 en la Universidad de Staffordshire y es muy utilizado en el reino Unido. Su diseño y arquitectura responde a la idea de proporcionar un entorno centrado en el alumno y no en el contenido.

- *Colloquia*

Colloquia es una aplicación desarrollada en la Universidad de Gales-Bangor y puede definirse como una herramienta de trabajo colaborativo, pero a diferencia de otras, específicamente orientada a la educación.

- *Claroline-Class Room On Line*

Claroline es una plataforma de enseñanza virtual desarrollada por la Universidad de Lovaina, donde sirve de soporte a centenares de cursos y a varios miles de estudiantes. Su principal característica es la facilidad de utilización, en gran parte debido al hecho de haber sido diseñada atendiendo a las peticiones e los profesores.

- *ILIAS*

ILIAS es una plataforma desarrollada desde 1997 en la Universidad de Colonia, en la república Federal de Alemania, dentro del proyecto VIRTUS, conjuntamente con la Facultad de Economía, Administración de Empresas y Ciencias Sociales de la misma Universidad, la Fundación Oppenheim y el Departamento de Educación, Ciencia e Investigación de Renania del Norte de Westfalia.

- *FLE3 – Future Learning Enviroment*

FLE3 es un entorno de aprendizaje colaborativo mediante ordenador, desarrollado en el *Media Lab* de la Universidad de Arte y Diseño de Helsinki, orientado al alumno y el trabajo de grupo en la creación de conocimiento.

- *EduZope*

EduZope es un proyecto aún en ciernes, orientado al desarrollo de un entorno de autor en código abierto para la creación de materiales estándar de formación y un sistema de gestión de contenidos de aprendizaje.

- *Edutella*

Edutella representa un ejemplote la tendencia en pro de la libre circulación de recursos educativos y de las implicaciones que ello conlleva en cuanto a arquitecturas, implementaciones y estándares.

5. E-LEARNING - METÁFORA

Metáfora

Actualmente, se adelanta un trabajo de investigación en tesis de maestría, que propone un nuevo enfoque de Entorno Virtual de Aprendizaje, donde los estudiantes deberán ser mucho más autónomos, al igual que en los entornos convencionales, se trata de una *Metáfora de Aula de Clase*, convertida en un espacio tridimensional, donde el estudiante podrá navegar por una interfaz que involucra actividades propias de la clase, como entrega y recepción de tareas, documentos e información, publicación de recursos, información en documentos electrónicos, calendario académico, entre otras. Se trata de metaforizar en los escenarios virtuales, las actividades más comunes de una clase, mostrando los beneficios de las TICs y tecnologías como la realidad virtual.

¿Pero cómo podríamos definir la palabra Metáfora?

- Tropo que consiste en utilizar una palabra con el significado de otra, al establecer una comparación tácita ente las

realidades designadas por ambas, por semejanza, o por compartir algún rasgo [8].

La Metáfora, es por tanto, uno de los procedimientos de representación, de los más utilizados actualmente, pues permite trasladar la comprensión y el aprendizaje de lo ya conocido a lo que todavía está por conocer, facilitando la asimilación del nuevo entorno.

La Metáfora, estará estrechamente vinculada al modelo pedagógico, Barr (2002) ha elaborado una taxonomía de las metáforas más comunes:

- **Orientativas:** ayudan a situarse en un espacio aprovechando nuestra experiencia física u cultural del mundo. Son muy utilizadas como herramientas de navegación.
- **Ontológicas:** tratan de explicar los conceptos dándole forma de objetos: por ejemplo, el concepto y las características del almacenamiento físico se transforman en un icono de un objeto archivo dotado de propiedades físicas (por ejemplo tamaño)
- **Estructurales:** Explican el contenido de un concepto por medio de la distribución de un objeto conocido. Es el caso de las carpetas que se utilizan como contenedores de archivos y que se pueden organizar jerárquicamente.
- **Metonímicas:** es el uso de una entidad para referirse a otra, como los iconos para representar objetos o funciones, la tijera para indicar la herramienta de corte o la lupa para aumentar el tamaño de la página.

A estas cuatro categorías ya definidas por Lakoff y Jonson (1980), añaden otras dos:

- **De proceso:** son las que se utilizan para explicar algún aspecto del funcionamiento del sistema comparándolas a un proceso del mundo real; por ejemplo, arrastrar un icono de un documento a un icono de una carpeta, equivale a archivarlo.
- **De Elemento:** se utilizan para ayudar al usuario a comprender qué procesos son aplicables en un momento dado; por ejemplo, un cursor en forma de pincel indica el tipo de acción que cabe esperar.

Modelamiento

La Realidad Virtual, permite crear escenarios similares en los que el usuario usualmente se desenvuelve, con el uso de Metáfora de Aula de Clase, se permitirá modelar y metaforizar las actividades comunes que un usuario llamado alumno, realiza en este contexto, de tal manera, que la interacción entre la plataforma y el alumno permitirá un mayor acercamiento a su propia realidad, es decir, del Mundo real se obtiene el Modelo real. Figura 1.

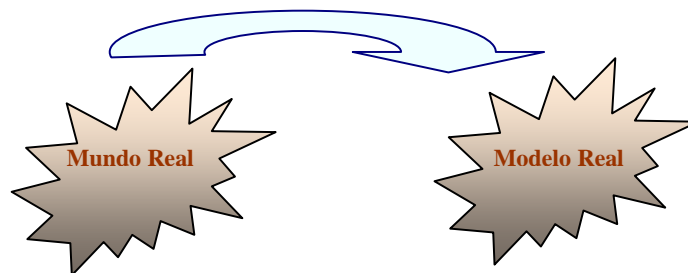


Figura 1. Modelamiento

Para desarrollar todas estas funciones, la Metáfora de Aula de Clase, dispondrá de:

- Sistema de control de acceso: contraseña o santo y seña: Es una forma habitual de entrar en los sitios con acceso restringido, facilitando así el uso de una identificación, para poder acceder al Ambiente Virtual de Aprendizaje.

- Herramientas de colaboración: aquéllas en las que el usuario encontrará material o ayuda educativa, tutorías como soporte a su proceso de aprendizaje.
- Pizarra electrónica: permitirá a los estudiantes participar e interactuar en la clase, es la propia idea de pasar al tablero como sucede en el salón de clase.
- Correo: permitirá enviar información o mensajes tanto al docente, como a los estudiantes.
- Foros de discusión: en los cuales, se podrán discutir temas propios del curso o relacionados con otros temas de interés.

La Metáfora de Aula de Clase como herramienta tecnológica para el proceso enseñanza-aprendizaje, permitirá simular cada característica del salón de clase, con la ganancia del espacio-tiempo, será una herramienta de acompañamiento, diferente a una herramienta de sustitución.

Simulará el proceso desde la llegada del docente al aula, que mostrará a través de iconos gestuales su saludo y acomodamiento para iniciar la sesión, de igual manera, se crearán campos que representarán los espacios (sillas) de los alumnos que estarán presentes en clase y que a medida que van llegando, cada espacio será ocupado y se verá a través de la aparición del nombre de quien lo ocupa. Los iconos gestuales, permitirán expresar el estado de ánimo tanto del docente como de los alumnos.

Aspectos Técnicos

Escenario Convencional (salón de clase)	Escenario de Entornos Virtuales	Escenario Metáfora de Aula de Clase
- Entrega de trabajos al Docente: de manera personal en la clase	- Entrega de trabajos al Docente: subir archivos a una carpeta	- Entrega de trabajos al Docente: entrar a un sitio 3D, navegar hasta el escritorio del docente y ponerlo en la gaveta del escritorio.
- Elaboración de Evaluación: sacar una hoja y realizarlo en presencia del docente, todos los estudiantes simultáneamente.	- Elaboración de Evaluación: hacer clic en actividades, bajar el archivo de evaluación, responder y enviarla a la dirección electrónica del docente o subir el archivo a una carpeta.	- Elaboración de Evaluación: Desplegar el archivo de evaluación, elaborarla y navegar hasta el escritorio del docente y ponerlo en la gaveta del escritorio, como se interactúa de manera asincrónica, las evaluaciones son aleatorias.
- Ingreso a clase: Abre la puerta, saluda y ocupa su silla.	- Ingreso a clase: ingresar al Entorno Virtual con su login y password, saludo a través del Chat.	- Ingreso a Clase: Abrir la puerta (ingresar usuario y contraseña), saludar (icono gestual), ocupar la silla (espacio), se muestra imagen del estudiante con su nombre, que es reconocido cuando ingresa su usuario y contraseña.

El proyecto consiste en construir un Ambiente Virtual de Aprendizaje en 3D, como soporte al proceso enseñanza-aprendizaje, tendrá características de una arquitectura como lo muestra la Figura 2, una presentación, que guiará al estudiante a través del curso virtual y en la que se presentará la Metáfora que realiza el profesor en el salón de clases, una lógica de arquitectura, en la que se mostrarán los diferentes componentes que hacen parte de la metáfora, como el Chat, los foros, las carpetas de trabajos, es decir, todas las herramientas con las cuales contará el usuario; adicionalmente, una Base de Datos que se emplea como soporte para capturar los informes y tareas.

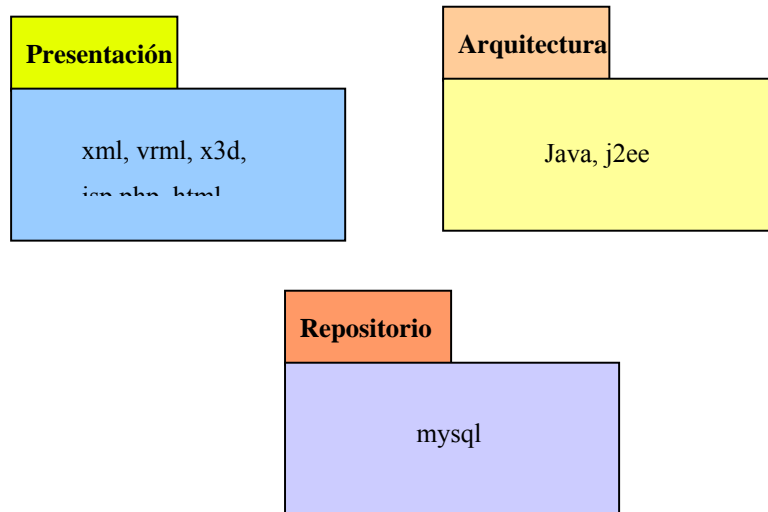


Figura 2. Características Metáfora de Aula

La Metáfora de Aula de Clase, se realizará en 3D, utilizando VRML, en lenguaje Java y utilizando MySQL para los datos a capturar, como lo muestra la Figura 3.

	Características	Tecnologías
T I C	Metáfora - Presentación	X3D VRML
	COR - Lógica	Java3D VRML
	Sistemas de Información	MSQL

Figura 3. Aspecto Técnico – Metáfora de Aula de Clase

Para la implementación de mundos virtuales en 3D, a través de la red, se manejan actualmente tres estándares abiertos que son: Java3D, VRML y X3D, cada uno de ellos con características especiales:

- Java3D

Este es un estándar abierto explícitamente para el lenguaje Java y se provee como un conjunto de clases e interfaces en librerías para programación de escenarios 3D a bajo nivel. Este soporta otros formatos de modelado como VRML y CAD. Finalmente, se trata de clases que van a traducir instrucciones en funciones OpenGL o DirectX. Tiene la ventaja de permitir un mayor control sobre la escena 3D con que se esté tratando.

- VRML97 o VRML2.0

Llegó a ser considerado el Lenguaje de modelado de mundos virtuales por excelencia. Fue el primer estándar reconocido por ISO (International Organization for Standardization) para la representación de escenarios 3D en Internet. Permite el modelamiento de mundos virtuales tanto estáticos, como dinámicos mediante nodos, eventos y campo. Sin embargo, se trata de un estándar estático en cuanto a su especificación y no permite la expansión dada la evolución de los dispositivos de hardware para gráficos.

- X3D

El estándar que siguió a VRML, ahora integrando XML. Es compatible con VRML y agrega nuevas características como la modularidad, extensibilidad y manejo de perfiles. Corrige problemas encontrados en VRML, como la falta de unicidad en el modelo de programación y la falta de dinámica en la especificación para amoldarse a las necesidades del mercado y a los nuevos dispositivos de hardware para gráficos. Esta especificación además incluye tres tipos de codificación bajo un único conjunto de interfaces programables de aplicación (API), las cuales son: VRML, XML y binarios comprimidos. A diferencia de VRML, el API de programación interna y externa, es único y no depende de implementaciones específicas de los visualizadores de este formato. Este API se denomina SAI (Scene Access Interface).

Ahora la Web3D Consortium, ha desarrollado un navegador de X3D compatible con la especificación de SAI, denominado Xj3D, escrito en Java y emplea Java3D como visor para facilitar la ejecución en distintas plataformas y eliminar la dependencia de un plugin de navegador como sucedía con VRML97.

REFERENCIAS

1. <http://www.maestrosdelweb.com/editorial/e-learn/>
2. <http://www.3group.org/elearning/art03.asp>
3. <http://www.3group.org/elearning/art03.asp>
4. es.wikipedia.org/wiki/E-learning
5. www.usergioarboleda.edu.co/grupointernet/gosarioe.htm
6. www.campusformacion.com/glosario.asp
7. www.campusformacion.com/glosario.asp
8. El pequeño LAROUSSE Ilustrado -2005 edición de colección
9. Cebrían Manuel, Enseñanza Virtual para la Innovación Universitaria. Narcea, S.A. de Ediciones, 2003 Madrid España.

10. Jiménez Macías Emilio, Pérez de la Parte Mercedes, Martínez Cámara Eduardo, Sanz Adán Félix, Santamaría Peña Jacinto, Blanco Fernández Julio. Escenarios Virtuales Web3D: Simulación con VRML, Java3D y X3D.
11. Molina Massó José Pascual. X3D. La nueva generación de mundos virtuales en la Web.
12. Fernández, Eva I. E – Learning: Implantación de proyectos de formación on – line. México: Alfaomega Ra – Ma, 2004.
13. Rosenberg, Marc J. E- learning: Estrategias para transmitir conocimiento en la era digital. Bogotá: McGraw Hill, 2002.
14. Maki Daniel, Thompson Maynard: Mathematical Modeling and Computer Simulation. Ed. Thomson 2006.
15. **Cebrián de la Serna, M.: Nuevas tecnologías de la comunicación y la información para la formación de docentes.** Editorial , 2003.
16. Cebrián, M. y otros: *Recursos Tecnológicos para los procesos de enseñanza y aprendizaje.* Universidad de Málaga. Innovación Educativa. ICE y Secretariado de Publicaciones 2002.

Un Proceso Ágil para el Mejoramiento de Procesos de Desarrollo de Software para PYMES – Agile SPI – Process.

César J. Pardo

Universidad del Cauca, Ingeniería de Sistemas,
Popayán, Colombia, 057
cpardo@unicauca.edu.co

Julio A. Hurtado

Universidad del Cauca, Ingeniería de Sistemas,
Popayán, Colombia, 057
ahurtado@unicauca.edu.co

Luís E. Fernández

Universidad del Cauca, Ingeniería de Sistemas,
Popayán, Colombia, 057
lefernandez@unicauca.edu.co

Juan C. Vidal

Universidad del Cauca, Ingeniería de Sistemas,
Popayán, Colombia, 057
jcvidal@unicauca.edu.co

ABSTRACT

In order to motivate to the Colombian informatics enterprises to improve their software development processes, it is necessary to adapt to their own characteristics the internationally recognized models of improvement, evaluation and quality created by the SEI¹ [1], ESI² [3] and ISO³ [4]. The objective is to obtain a maturity level in its processes that guarantees its international competitiveness. The international models are very hard to be applied to Colombian enterprises due to: their great investment in money, time and resources, in addition to the complexity of the recommendations and the return of the investment in the long term. Our work is to present Agile SPI⁴ - Process, an agile and light process of software processes improvement based on the IDEAL⁵ model [2], and applicable to micro, small and medium enterprises, in an easy and economic way, with few resources and in a short time.

Keywords: **SPI, Agile, Process, PyMES.**

RESUMEN

Para motivar a las empresas informáticas Colombianas a mejorar sus procesos de desarrollo de software, es necesario adecuar a sus propias características los modelos internacionalmente reconocidos de mejoramiento, evaluación y calidad creados por el SEI²³ [1], ESI²⁴ [3] e ISO²⁵ [4]. El objetivo es obtener un nivel de madurez en sus procesos que garantice su competitividad internacional. Los modelos internacionales son muy difíciles de implantar en las empresas Colombianas debido a: su gran inversión en dinero, tiempo y recursos, además de la complejidad de las recomendaciones y un retorno de la inversión a largo plazo. Nuestro trabajo es presentar a Agile SPI²⁶ – Process, un proceso ágil y liviano de mejora de procesos de software basado en el modelo IDEAL²⁷ [2], y aplicable a las micro, pequeñas y medianas empresas, de manera fácil y económica, con pocos recursos y en poco tiempo.

Palabras claves: **SPI, Ágil, Proceso, PyMES.**

²³ **SEI**: Software Engineering Institute.

²⁴ **ESI**: European Software Institute.

²⁵ **ISO**: Internacional Standards Organization.

²⁶ **SPI**: Software Process Improvement (Mejoramiento de Procesos de Software).

²⁷ **IDEAL**: (Initiating, Diagnosing, Establishing, Acting, Leveraging). Modelo de mejoramiento de Procesos de Software. Carnegie Mellon University.

1. INTRODUCCIÓN

En Latinoamérica la industria de software es rudimentaria y primitiva y la dependencia por las TI extranjeras aumenta cada vez más. No obstante, esta industria esta en proceso de formación y requiere una rápida intervención de los gobiernos, de las universidades y de las mismas empresas para que así se pueda alcanzar un mejor nivel competitivo que permita promover el desarrollo de software de calidad a la par con este importante sector económico.

Según el IDC²⁸ [6] el ritmo de crecimiento de las tecnologías de la información es del 10%, en Latinoamérica sin embargo varía entre el 4.3% y el 6.8%. La industria del software en Colombia se ha caracterizado por ser un sector con un crecimiento cercano al 7.7% el cual está por encima del promedio latinoamericano [7], es por eso que debemos darle prioridad a los problemas a los que se enfrenta el sector productivo informático, entre los cuales se encuentran: dependencia tecnológica del país, desconocimiento de la importancia que tiene el proceso de desarrollo sobre la calidad del producto y la construcción de software de forma artesanal, empírica y caótica; originándose de esto que la calidad del software que se desarrolla sea baja, el tiempo de desarrollo inapropiado, los costos no sean competitivos, las actividades de operación y mantenimiento del software difíciles y desde luego, el incremento de la insatisfacción de los clientes y usuarios finales.

Teniendo en cuenta que en las instituciones de educación superior se cultiva el saber en la ingeniería del software y para el desarrollo de productos software, se adaptan y aplican modelos, métodos, técnicas, prácticas y demás artefactos asociados al proceso definidos por organizaciones internacionales, es el momento de cuestionarse sobre la pertinencia de los procesos de desarrollo y la calidad de los productos creados, y si los modelos, métodos, técnicas, prácticas y demás elementos asociados al proceso son los que la industria de software colombiana requiere, esto se debe a que éstos modelos han sido desarrollados para empresas cuyas características difieren en gran medida a las de Colombia y Latinoamérica, siendo más notorio en el aspecto del tamaño del personal; por ejemplo, se podría decir que una empresa de tamaño mediano en Norte América podría ser una empresa de gran tamaño en Sur América.

En consecuencia, el presente artículo pretende presentar una aproximación al Proceso Ágil de Soporte que guíe a los programas de Mejoramiento de Procesos de Software, el cual ha sido desarrollado a partir de modelos existentes creados por organizaciones internacionales como el SEI [1] con su modelo IDEAL [8], el Framework IMPACT [5], el modelo PDCA²⁹ [9] y otros, esto con el fin de crear un modelo sensible que se adecue un poco mejor a las realidades en el mejoramiento de procesos de software de las PyMES en el contexto del sur occidente colombiano, replicable a Latinoamérica y al mundo, y adaptando así los modelos anteriormente mencionados ya que estos en su práctica son muy extensos, pesados, difíciles de aplicar y han sido dimensionados para empresas con estructuras un poco diferentes a las de las empresas Colombianas y en general en Latinoamérica (por ejemplo el tamaño).

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Algunos países de Latinoamérica, Europa y Norte América se han preocupado por la calidad y mejora de los procesos de desarrollo de software para su industria, prueba de esto es el modelo “MoProSoft³⁰” [10] de México y el modelo “MR mps³¹” [11] de Brasil, el modelo “IDEAL [2]” de Estados Unidos.

Ideal.

En el caso de los estados Unidos, se ha desarrollado el modelo IDEAL, el cual tiene como propósito servir a las diferentes organizaciones desarrolladoras de software en que hacer a través de un programa de mejora de procesos de software, proporcionado un modelo el que consta de 5 fases que le dan su nombre: Initiating, Diagnostic, Establishing, Acting y Learning. Las fases proveen un ciclo infinito a través de los pasos necesarios para un SPI. La adopción de este

²⁸ **IDC**: International Data Corporation.

²⁹ **PDCA**: (Plan, Do, Check, Act). Modelo de mejoramiento de Procesos de Software.

³⁰ **Moprosoft**: Modelo de Procesos de Software.

³¹ **MR mps**: Meihoria de Processo de Software Brasileiro.

modelo junto con el modelo de calidad CMM³² [12] o CMMI³³ [13] permite elevar la capacidad de la madurez de las organizaciones y alcanzar niveles internacionales de competitividad.

El modelo ideal a diferencia de Agile SPI – Process solo refleja el QUÉ y no el CÓMO en el desarrollo de actividades involucradas dentro de un programa SPI, característica fundamental en la aplicación de un modelo de mejora de procesos de software, punto clave y de gran importancia fuera del contexto teórico.

Estándar ISO/IEC 15504.

Estándar internacional que desarrolló el proyecto SPiCE³⁴ [14] para la evaluación de proceso del software. El estándar ISO/IEC 15504 [15] proporciona un marco para todos los aspectos de una evaluación de proceso que se puede utilizar para evaluar la capacidad de los procesos de su organización. El marco precisa los requerimientos para la realización de una evaluación conforme a la ISO/IEC 15504. Esta norma está constituida por cinco partes: Parte 1, Conceptos y vocabulario, parte 2, Realización de la evaluación, parte 3, Guía para la realización de la evaluación, parte 4, Guía para usar en la determinación de la capacidad del proceso y mejora de procesos y parte 5, Un ejemplo de un modelo de evaluación de procesos. Como podemos notar la norma ISO/IEC 15504 a través de su modelo de calidad propone una guía de mejora de procesos, característica que puede llegar a ligar de manera muy arraigada las actividades de mejora solo a este modelo y no poder utilizarse de manera independiente a este.

El Framework Impact.

Impact [5] es un framework que propone un paradigma liviano para un SPI, el cual consta de los siguientes estados: Entender-Mejorar-Aplicar-Medir, los cuales pueden ser aplicados incrementalmente a lo largo de varios proyectos. Por otra parte, al implementar iteraciones sucesivas, las metas de mejoramiento serán alcanzadas rápidamente (usualmente dentro de unos pocos meses) y son factibles de medirse a través de los proyectos en los cuales el enfoque de mejoramiento ha sido aplicado. Este framework diferencia entre el nivel de proyecto y el nivel de proceso. En el nivel de proyecto, muchos proyectos se desarrollan de acuerdo a buenas prácticas de gestión de proyectos (Por ejemplo Plan-Do-Check-Act (Planear-Hacer-Chequear-Actuar)). En el nivel de proceso, la experiencia y el entendimiento de muchos proyectos se usan para entender y mejorar el modelo de procesos genérico, el cual es usado después para guiar proyectos futuros, este es el ciclo que se llama el ciclo del proceso. Agile SPI – Process toma como premisa los preceptos utilizados por el Framework Impact los cuales están enfocados en desarrollar mejoramientos de procesos de software livianos.

Simep-Sw.

Para el caso de Colombia, se está llevando a cabo el proyecto SIMEP-SW³⁵, teniendo como premisa que las empresas de desarrollo de software del país deben implementar proyectos de mejoramiento de procesos de desarrollo de software, tratando de responder a la pregunta: ¿Cómo motivar a que las empresas de desarrollo de software Colombianas mejoren sus procesos de desarrollo, de tal manera que les permita incrementar su competitividad nacional y mundial? [21]. El proyecto SIMEP-SW propone una solución donde el aseguramiento de la calidad es el área de trabajo que requiere de un esfuerzo crítico para poder consolidar una industria de tipo nacional e internacional, para ello se necesita de un proceso maduro que brinde muchos beneficios, entre ellos, que la gente desarrolle su potencial de forma más efectiva, permita a las empresas enfocarse en el sistema y que puedan definir, gestionar, evaluar y mejorar sus propios procesos [22]. SIMEP-SW basa su estrategia de mejora en proporcionar a la organización un proceso ágil que guía a un programa de mejora de procesos, el cual debe contar con los elementos básicos para hacer posible que una micro, pequeña o mediana empresa pueda adelantar esfuerzos de mejora acorde a sus necesidades generadas por su entorno.

³² CMM: Capability Maturity Model.

³³ CMMI: Capability Maturity Model Integrated.

³⁴ SPiCE: Software Process Improvement Capability Determination.

³⁵ SIMEP-SW: Sistema Integral para el Mejoramiento de los Procesos de Desarrollo de Software en Colombia.

3. PRINCIPIOS BÁSICOS DE AGILE SPI – PROCESS.

Agile SPI – Process es un proceso ágil de mejora de procesos de software, el cual podrá ser utilizado como guía para la ejecución de un programa de mejora de procesos de software en pequeñas y medianas empresas (PyMES). Agile SPI – Process toma como premisa los preceptos del manifiesto ágil [16] y los requerimientos para un SPI liviano, los cuales han sido adaptados a las necesidades de un programa de mejora de procesos de software. Estos son:

- La prioridad más alta es satisfacer la necesidad del cliente a través de la entrega temprana y continua de mejoras significativas al proceso de desarrollo, gracias a que Agile SPI – Process proporciona un proceso de mejora de procesos de software liviano y ágil.
- No hay requisitos de mejora estables por parte de la empresa. Por ello, el diagnóstico es una fase clave. Aún así, requisitos de mejora que surjan deberán ser priorizados y acogidos en la medida en que sea factible realizarlos.
- Entregar con frecuencia mejoras del proceso de software (desde 2 hasta 6 meses).
- Un programa de mejora con Agile SPI – Process debe basarse en la colaboración efectiva entre los consultores, grupo de mejora, la alta gerencia, el grupo de desarrollo, el grupo SQA, marketing y demás dependencias relacionadas con el proyecto SPI.
- Construir proyectos en torno a individuos motivados hacia la mejora de procesos individuales, grupales y organizacionales. Darles la oportunidad y el respaldo que necesitan y procurarles confianza para que realicen las tareas.
- La forma más eficiente y efectiva de comunicar información de ida y vuelta dentro de un equipo de mejora es mediante la conversación cara a cara.
- La madurez del proceso, como el desempeño promedio de los proyectos, debe ser la medida primaria de la mejora del progreso. Las mediciones base para medir el desempeño son la productividad y la calidad.
- Agile SPI - Process promueve el desarrollo sostenido. El trabajo deberá ser continuo e indefinido.
- Agile SPI – Process promueve una infraestructura técnica y de gestión, adecuada para soportar la mejora del proceso.
- Agile SPI – Process promueve la conformación de una infraestructura organizacional dinámica, basada en objetivos, no en estrategias de control.
- Agile SPI – Process promueve el aprendizaje continuo como una disciplina clave. El objetivo de esta disciplina es que permita conocer el trabajo, reflexionar acerca de este y ajustar el trabajo a través de iteraciones cortas y concisas.
- Agile SPI – Process promueve la conformación efectiva de los grupos propuestos por su infraestructura, se preocupa por la calidad del trabajo humano a realizar.

Agile SPI - Process tiene como alcance los procesos del ciclo de vida del software definidos en cualquier norma o modelo internacional de calidad.

4. EL CICLO DE VIDA DE AGILE SPI - PROCESS

Agile SPI - Process es un proceso ágil y liviano de mejora de procesos de software, el cual puede ser utilizado como guía para la ejecución de un programa de mejora de procesos de software en pequeñas y medianas empresas (PyMEs). Liviano porque empresas como las PyMEs al poseer ciertas características como: bajos recursos, procesos livianos, recurso humano pequeño, disponibilidad económica limitada, etc, necesitan un modelo que soporte un programa de mejora que tenga en cuenta las características reales de su industria, además de ofrecer resultados rápidos en sus programas de mejora.

La figura 1 presenta a Agile SPI – Process con sus 5 fases: Instalación, Diagnóstico, Formulación, Mejora y Revisión del Programa, también se aprecian cada uno de los productos que se generan y que son necesarios en cada una de las fases.

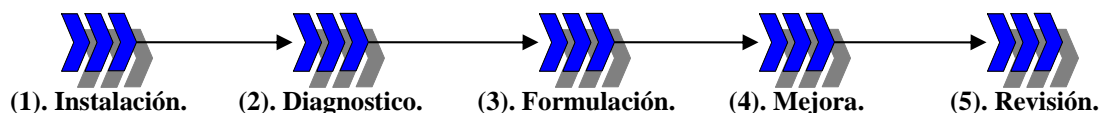


Figura 1. Modelado bajo SPEM de las fases de Agile SPI – Process.

Agile SPI – Process es un proceso, iterativo e incremental y está basado en casos de mejora, el cual tiene la característica de poder arrojar resultados rápidos de mejora, esto porque permite crear mini-programas de mejora que abarcan casos de mejora dentro de un programa de mejoramiento global. Los casos de mejora son unidades atómicas de mejora en las áreas de procesos que se han seleccionado para ser mejoradas ya sea porque la empresa persigue una certificación o porque para ella su prioridad es mejorar un proceso específico.

El obtener resultados rápidos de mejora permitirá en consecuencia que las mejoras sean visibles desde las fases tempranas del proyecto de mejora, más ágiles y rápidas en la medida que los mini-programas de mejora terminan dependiendo de los criterios de priorización que la empresa ha definido previamente. Con esto se busca mantener una motivación del personal frente al programa de mejora, a través de resultados de mejora permanentes, eliminar los riesgos del proyecto en las primeras fases, para enfocar el mayor esfuerzo en las áreas que la empresa considere más importantes para su negocio. El ciclo de vida es altamente influenciado por los modelos de ciclo de vida iterativo e incremental presente en muchos procesos de desarrollo tales como RUP³⁶ [17], XP³⁷ [18], Scrum³⁸ [19], entre otros; dado que los proyectos de mejora cubren extensos requisitos e impactan toda la estructura organizacional de cualquier empresa, hemos adaptado algunas características de estos modelos para crear un proceso de mejora completo, ágil, menos burocrático y sensible a las actividades referentes a la gestión (reuniones, documentos, infraestructura, etc).

Agile SPI – Process permite el paralelismo entre iteraciones o programas de mejora, siendo muy ventajoso en el sentido en que se pueden desarrollar mejoras en áreas de procesos en donde exista una clara independencia.

En los procesos de certificación, la valoración antes de la puesta en marcha de un programa de mejora es muy importante, ya que esta nos permite estimar qué áreas de procesos posee una empresa y cual es el grado de madurez de estas. Actualmente existen muchas herramientas con las cuales se pueden valorar las áreas de procesos de una empresa según un modelo de calidad en particular, como por ejemplo: CMMI [23] en su versión continua o escalonada, ISO/IEC 15504 [9], ISO 9001-2000, entre otros. Dentro de este aspecto Agile SPI – Process puede ser usado como proceso de mejora de procesos independientemente del modelo de calidad y método de evaluación. Por ejemplo éste puede ser usado si se ha seleccionado un CMMI continuo o escalonado o si la opción es ISO 15504.

Agile SPI – Process también incluye, documenta y explica un conjunto de disciplinas transversales a cualquier proceso de mejora que pueden ser aplicadas en menor o mayor medida en cada una de las fases en las cuales se pueden desarrollar varias iteraciones, para esto nos hemos basado en el Proceso Unificado de Desarrollo de Software [24]. Al identificarse en Agile SPI – Process las disciplinas que se llevarían a cabo en cada una de las fases del proceso de mejora, se está asegurando que personal involucrado en el programa de mejora podrá visualizar más detalladamente las conductas y actividades que se deben desarrollar dentro de un programa de mejora. Hemos considerado como disciplinas vitales en cualquier programa de mejora: el entrenamiento, la gestión de la mejora, la evaluación, el análisis, el diseño, la implantación, la gestión de la configuración y el aprendizaje.

5. LAS ITERACIONES EN AGILE SPI – PROCESS Y SU CORRESPONDENCIA CON EL PROCESO DE DESARROLLO SCRUM.

Una iteración en Agile SPI - Process es un mini-ciclo de mejora que permite adelantar el desarrollo y gestión de un conjunto de casos de mejora de manera independiente. La iteración es el concepto integrador entre fases y disciplinas. Las fases pueden ser descompuestas en el tiempo y el espacio (equipos) por iteraciones, y una iteración, al ser por sí misma una guía de mejora, es definida a partir de un conjunto de disciplinas de acuerdo a la fase en la que se encuentre y

³⁶ **RUP**: Racional Unified Process.

³⁷ **XP**: EXtreme Programing.

³⁸ Metodología para la gestión del desarrollo de software.

a las características del proyecto de mejora. Las iteraciones en Agile SPI – Process son un agregado muy importante en la mejora de procesos de software, ya que de esta manera se pueden desarrollar mejoras independientes, y de esa manera arrojar mejoras mucho más rápido. La clave está en desarrollar iteraciones en áreas que sean independientes de otras, de esta manera el trabajo en ellas se puede realizar paralelamente, sin que el trabajo de mejora que en ellas se desarrolle ocasione problemas, no obstante hay que tener en cuenta que puede ocurrir el caso en el que exista una dependencia entre áreas, en ese caso hay que estudiar cuál es el impacto arrojado que podría crear un caso de mejora y en base a esto ordenar la manera en como se desarrollarán las mejoras en los demás casos.

Algo en lo que hemos considerado importante ahondar y detallar, es que las iteraciones para los casos de mejora en las fases de Diagnóstico, Formulación y Mejora pueden ser desarrollados de manera similar a la forma como lo hace el Proceso de Desarrollo Scrum [20] con los sprints o corridas de 15 días, en cada uno de las cuales hay tres fases: **pre-juego, juego y pos-juego**, a las cuales las hemos llamado **pre-mejora, mejora y pos-mejora**.

Los casos de mejora pueden verse como los Sprint Backlog (Listado de requisitos de mejora), los cuales se han descompuesto en tareas de mejora más pequeñas, y éstos en su totalidad y respectiva correspondencia conformarían un área específica, que podrían verse como un listado priorizado de rasgos requeridos por la mejora, el cuál ha sido obtenido por la valoración realizada a la empresa, en relación al proceso de desarrollo de SCRUM estos listados de rasgos son los que se crean a partir de los requerimientos del cliente y son llamados Product Backlog (Listado de requisitos de mejora iniciales).

La figura 2 muestra como se desarrollan las iteraciones en Agile SPI – Process. En la fase de pre-mejora se desarrollan disciplinas de valoración para la creación del registro de acumulación o retraso del producto (Listado de requisitos de mejora iniciales). Luego de priorizar las áreas a mejorar, se crea un listado de requisitos de mejora mediante la evaluación de cada una de las áreas, lo cuál permite definir un orden para cada una de las iteraciones de mejora a ejecutar. Es conveniente mediante la ayuda de una red de dependencias ordenar de manera detallada las mejoras a realizar en las áreas seleccionadas, esta red permite identificar los casos de mejora o el número de iteraciones a desarrollar por cada área. Los casos de mejora no son más que las actividades que componen el área.

En la figura 2 se muestran también las actividades en la fase de diagnóstico, formulación y mejora, las cuales las traemos a relación para ver un poco mejor las actividades desarrolladas durante la iteración de cualquier caso de mejora.

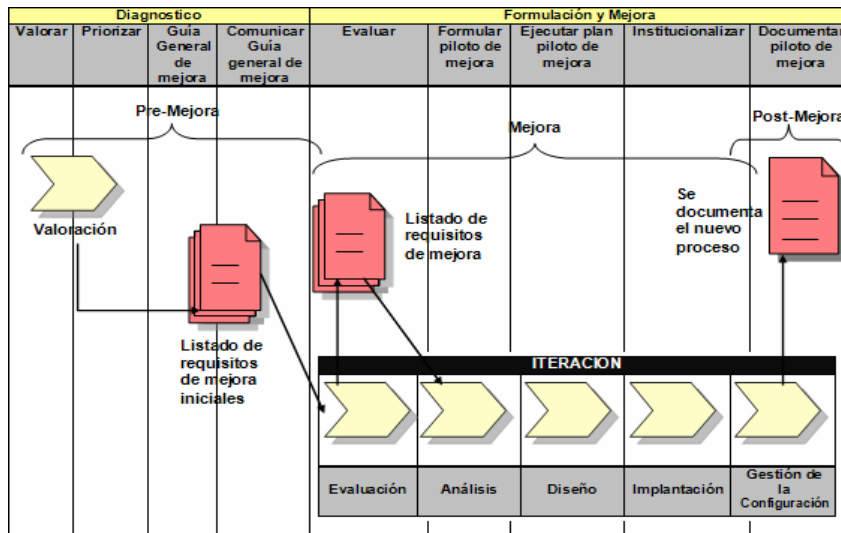


Figura 2. Iteraciones en Agile SPI - Process

Luego de identificar los casos de mejora que componen el área y ordenarlos mediante una red de dependencias, continúa el posterior análisis y diseño del nuevo o mejorado proceso y la respectiva implantación y documentación.

Ahora bien, Agile SPI – Process no sólo ha adaptado metodologías como SCRUM para poder proveer soluciones en espacios de gestión de las iteraciones de mejora sino también que adapta y propone técnicas y prácticas para la

conformación y gestión de equipos, ejemplifica la red de dependencias que pueden existir entre las áreas o practicas que a estas las componen dependiendo del modelo de calidad y la manera de cómo tratar esta característica, también documenta e identifica los hitos de verificación y productos de trabajo resultantes de estos y propone algunas plantillas de control y gestión para el proceso de mejora, todo esto dentro de una guía que no pretende ser un modelo extenso sino un proceso de mejora de procesos de software amigable, fácil de utilizar, ágil, independiente del modelo de calidad y métodos de evaluación, y lo más importante adaptado a las características de la industria del software Colombiana y en general Latinoamérica.

6. CASO DE ESTUDIO

- Actualmente Agile SPI – Process esta siendo aplicado y ajustado en la práctica en 3 empresas desarrolladoras de software, dos de ellas pertenecientes al departamento del Cauca: Seratic Ltda. y Unisoft Ltda. y una perteneciente al departamento del Valle del Cauca: Sidem Ltda. Los proyectos en el departamento del Cauca se encuentran ubicados en la tercera y segunda fase del proceso de mejora en los cuales se ha refinado el proceso de mejora de procesos Agile SPI – Process, esto es algo beneficioso en la práctica que se esta realizando con la empresa Sidem Ltda., la cual se encuentra en la fase inicial del proceso pero que gracias al trabajo adelantado en las empresas anteriores, esta contara con la experiencia adquirida y refinamiento realizado al proceso de mejora.

7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

- En este artículo se ha presentado un proceso de mejora de procesos de software ágil. Las características fundamentales del proceso son: las disciplinas de trabajo transversales a un programa de mejora, la adaptación de técnicas para la conformación de los grupos o equipos de mejora y la posibilidad de realizar las mejoras en los procesos de una manera iterativa e incremental.
- Para aligerar el proceso, Agile SPI – Process adopta los principios del manifiesto ágil y las características para un SPI liviano, lo cual hace que los programas de mejora se enfoquen en arrojar resultados ágiles y de acuerdo a las necesidades de las empresas.
- El proceso presentado en este artículo proporciona a las Pymes un proceso de mejora de procesos de software adaptado a sus características, las cuales no disponen de los medios y recursos suficientes para la aplicación de modelos de mejora de procesos tradicionales propuestos por el SEI o la ISO. Para la definición de Agile SPI – Process se han considerado las necesidades de las empresas del sector informático de Colombia, pero el proceso ha sido definido de forma general con el fin de ser aplicado a cualquier PyME del sector Latinoamericano. En relación a otras propuestas relacionadas, Agile SPI – Process proporciona un proceso de mejora de procesos de software agil y liviano con el fin de establecer mejoras en los procesos ágiles o menos burocráticos independientemente del modelo de calidad para software elegido CMM, CMMI o ISO.
- Como trabajo futuro se debe crear una herramienta software que soporte la gestión y administración de un programa de mejora utilizando este proceso.

8. AGRADECIMIENTOS

- Este trabajo forma parte del proyecto SIMEP-SW, financiado por Colciencias, Universidad del Cauca y Sitis Ltda. de Colombia. Queremos también agradecer a la atención que esta siendo prestada por las empresas Seratic Ltda, Unisoft Ltda y Sidem Ltda.

REFERENCIAS

1. SEI. Software Engineering Institute. www.sei.cmu.edu
2. Mcfeeley, B. IDEALSM: A User’s Guide for Software Process Improvement. Software Engineering Institute (SEI) Carnegie Mellon University Pittsburgh, Pennsylvania. 1.996.
3. ESI. European Software Institute. www.esi.es

4. ISO. Internacional Standards Organization. www.iso.org
5. Scott, L, Jeffery, R, Carvalho, L y D'Ambra, J and Rutherford, P. Practical Software Process Improvement – The IMPACT Approach in Proceedings 2001 Australian Software Engineering Conference, pp. 182-189, IEEE Computer Society Press, 2001. The University of New South Wales. Documento digital.
6. IDC. International Data Corporation. www.idc.com
7. Business Software Alliance. “Industria del software podría crecer 645% hasta el año 2005”. Febrero 2003.
8. Hurtado, J.A. “Agile SPI: Un enfoque ágil hacia la mejora de procesos de Software”. Resumen. Departamento de Sistemas, Universidad del Cauca. Popayán.
9. PDCA. www.boldonjames.com/services/pdcamodel.htm
10. Modelo de Procesos para la Industria de Software (MoProSoft).
www.software.net.mx/desarrolladores/directorios/asociaciones/amcis/MoProSoft.htm
11. MR mps. Meihoria de Processo de Software Brasileiro. www.softex.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=202
12. CMM. Capability Maturity Model. www.sei.cmu.edu/cmm.
13. CMMI. Capability Maturity Model Integrated. www.sei.cmu.edu/cmmi/
14. SPICE. Software Process Improvement Capability Determination. www.sqi.gu.edu.au/spice/
15. Synspace. iNTACS Certified ISO/IEC 15504 (SPiCE) Assessor. Octubre 27 de 2.004.
<http://www.synspace.com/ES/Seminars/sat.html>
16. Manifiesto for Agile Software Development. <http://agilemanifesto.org/>
17. RUP. Rational Unified Process. www.rational.com
18. XP. EXtreme Programing. <http://www.xprogramming.com>
19. SCRUM. <http://www.controlchaos.com>
20. SCRUM. Métodos Heterodoxos en Desarrollo de Software.
http://www.microsoft.com/spanish/msdn/arquitectura/roadmap_arq/heterodox.asp. Viernes, 11 de junio de 2004.
21. Hurtado, J.A. “El modelo integral de mejoramiento Agile SPI”. Departamento de Sistemas, Universidad del Cauca. Popayán, Agosto de 2004.
22. Hurtado, J.A. “Sistema Integral para el Mejoramiento de los Procesos de Desarrollo de Software en Colombia (SIMEP-SW)”. Departamento de Sistemas, Universidad del Cauca. Popayán, Julio de 2003.
23. Humphrey, W. S. Managing the software process, SEI series in software engineering, Addison-Wesley, 1.989.
24. Jacobson. Ivar. BOOCH. Grady. RUMBAUGH. James. “El proceso Unificado de Desarrollo de Software”. Edición en español. Ed Addison Wesley. 2.000.

INDUSTRIA DEL SOFTWARE

Utilización de las tecnologías de Información en el aula

Beatriz E. Jaramillo Moreno

Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”, Facultad de Ingeniería
Bogotá D.C., Colombia, 57
bjaramillo@udistrital.edu.co

Julio Barón Velandia

Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”, Facultad de Ingeniería
Bogotá D.C., Colombia, 57
jbaron@udistrital.edu.co

ABSTRACT

This article pretends to show, the proposal of academic group from Distrital University "Francisco José de Caldas" located in Bogotá city (Colombia), which consists in a development of interactive learning tool that is supported in WEB environment for the simulation of TCP/IP protocols. This tool allows to perform the student role that she/he has in the moment and it allows to build the own learning scenario, focusing in subjects like network configuration and LAN and WAN protocols.

Key words: **communications networks, learning tool, simulation, TCP/IP protocols, WEB tool.**

RESUMEN

Este artículo pretende mostrar la propuesta que un grupo de docentes de la Universidad Distrital “Francisco José de Caldas” con sede en la ciudad de Bogotá (Colombia), viene desarrollando, que consiste en una herramienta de aprendizaje interactiva y soportada en ambiente WEB para la simulación de protocolos TCP/IP, de manera que permita al estudiante evolucionar en el rol que actualmente desempeña y así pueda construir su propio escenario de aprendizaje, enfatizando en temas como configuración de redes y protocolos LAN (Local Área Network) y WAN (Wide Área Network).

Palabras claves: redes de comunicaciones, herramienta de aprendizaje, simulación, protocolos TCP/IP, herramienta WEB.

1. INTRODUCCIÓN

Muchos de los desarrollos tecnológicos que conocemos en la actualidad, en principio fueron desarrollados para ayudar al ser humano en sus labores diarias, como cálculos matemáticos o para relacionar información con un fin en particular. En la última década, las tecnologías asociadas a la información, bien conocidas como tecnologías de información, están siendo utilizadas para otros objetivos, entre ellos: el entretenimiento, la socialización y de manera importante, en el

intercambio de conocimiento. El campo de la educación no es ajeno a ello y decididamente se ha soportado en dichas tecnologías en sus diferentes aspectos.

La mayoría de estrategias de apoyo para el aprendizaje, utilizan la WWW (World Wide Web) como medio para proporcionar al estudiante información en formato texto, audio y video. En muchos de estos escenarios el estudiante juega un papel pasivo comportándose como un simple consumidor de información, mientras que otras propuestas que plantean interactividad con el estudiante son muy limitadas, debido a que utilizan recursos como formularios de selección de respuesta, soportados en bases de datos, o preconcebidas como cajas de texto para manejo de variables y animaciones. Existen algunas que utilizan simulaciones pero son construidas generalmente para ser ejecutadas sobre computadores personales y no mediante el uso de una red.

El presente documento describe la propuesta de innovación en el aula, auspiciada por la Universidad Distrital “Francisco José de Caldas” titulada ”Herramienta WEB para Simulación de Protocolos de TCP/IP” la cual consiste en una herramienta de aprendizaje que permite interacción con el estudiante de manera que le sea posible construir diferentes escenarios de aplicación de conocimiento en el campo de las redes, en particular en temas relacionados con: configuración de redes y subredes, funcionamiento de los protocolos de LAN y de interconexión WAN.

2. REFERENTES

La informática en la educación

A través del tiempo, para el proceso de aprendizaje, se han venido desarrollado y aplicando una serie de metodologías que tienen como objetivo utilizar recursos que permitan al estudiante tener mayor comprensión de un tema, y así mismo lo incentive a investigar más sobre el mismo y en algunos casos a elaborar productos de acuerdo al objeto de estudio. Inicialmente se utilizaron (y aún se utilizan) recursos básicos como el papel, el tablero, posteriormente la exposición de acetatos, diapositivas con y sin animaciones, entre otros, y por último la multimedia.

En la actualidad no es suficiente la utilización de los recursos, sino aun más importante el compartirlos, así como poder utilizarlos desde cualquier lugar, buscando los mismos efectos y además buscando que el estudiante, sobre ciertos temas y a su ritmo, tome las lecciones que necesita usando estas ayudas computacionales

La informática en la educación latinoamericana

“Uno de los mayores dramas de la educación a distancia tradicional fue el confundir a un estudiante que trabaja solo, con un estudiante aislado. De allí el empeñamiento en dar todo en el texto, como si a distancia no pudiera confiarse en la iniciativa y en la creatividad de los participantes, como si no estuviera en un contexto, con otros seres y otros materiales capaces de enriquecer el aprendizaje. No ofrecemos un sistema basado en la soledad, sino en el intercambio y en el interaprendizaje. Aún a distancia, se aprende con los otros y entre los otros”. [1]

En general el software educativo ha sido dirigido a estudiantes de educación básica primaria y secundaria, mientras que en la educación superior (quienes paradójicamente son los productores, investigadores y desarrolladores de este tipo de material) es poco utilizada. En la región latinoamericana, el uso de software educativo es un fenómeno muy reciente, y el uso de material educativo en línea se inicia después de 1995 y en muchos casos a partir de 1999. A nivel mundial este avance comienza a ser posible a partir de la creación de la WWW (World Wide Web) en el año 1994 [2]. Sin embargo el uso de la WEB requiere de recursos que inciden en la cobertura y el acceso a este tipo de herramientas.

En contraposición, para los docentes universitarios se abre un nuevo mundo ya que pueden gestionar y publicar información, elaborar bibliotecas universitarias, compartir conocimiento, además de crear material de ayuda para sus

asignaturas, el cual puede ser accedido por los estudiantes sin tener la limitante de tiempo y espacio.

Software Educativo

Existen diferentes herramientas de aprendizaje en la WEB y en el mercado. A continuación se establece una breve descripción de algunas de ellas.

JavaClic

Es una herramienta digital de apoyo a la enseñanza, tiene un complemento que permite que las actividades del software educativo sean visualizadas desde cualquier sistema operativo (no sólo Windows) y también desde cualquier navegador.

JClic está formado por un conjunto de aplicaciones informáticas que sirven para realizar diversos tipos de actividades educativas: rompecabezas, asociaciones, ejercicios de texto, palabras cruzadas. Las actividades se presentan empaquetadas en proyectos. Un proyecto está formado por un conjunto de actividades y una o más secuencias, que indican el orden en qué se han de mostrar.

El antecesor de JClic es Clic, una aplicación que desde 1992 ha sido utilizada por educadores y educadoras de diversos países como herramienta de creación de actividades didácticas para sus alumnos. JClic está desarrollado en la plataforma Java, es un proyecto de código abierto y funciona en diversos entornos y sistemas operativos.

Para mayor información se puede consultar el sitio WEB: clic.xtec.cat/es/jclic/howto.htm

Portal Educativo del Proyecto Huascarán

El Portal Educativo del Proyecto Huascarán en Perú, bajo el auspicio del Ministerio de Educación de este país, ha conformado un grupo de productores de material educativo con TIC (Tecnologías de Información y Comunicación), donde se pueden encontrar desde ayudas para el desarrollo de material educativo con un fin en particular (por ejemplo para creación de páginas WEB), hasta Applets que realizan simulaciones, incluyendo enlaces que permiten conocer otros materiales educativos.

Dentro de este sitio, es interesante conocer los diferentes Applets que allí se han publicado, los cuales están clasificados por área de conocimiento. Algunos de los Applets permiten desarrollar ejercicios a través de la introducción de valores en las diferentes variables que propone (campos de texto), de manera que el estudiante por medio de sus conocimientos establezca un resultado y lo verifique por medio de la simulación. Otros, permiten construir un escenario de simulación a través de una barra de herramientas que posee los elementos necesarios para conformarlo, así como la introducción de valores en las variables que inciden en el ejercicio.

Para mayor información se puede consultar el sitio WEB: www.huascaraneu.edu.pe

Java Boutique Educational Applets

Es un sitio WEB que permite buscar y publicar Applets de diferentes categorías incluyendo Applets educativos. Este sitio además posee enlaces a todas las herramientas y productos relacionados con Java, así como artículos, comunidades y foros de discusión.

Para mayor información se puede consultar el sitio WEB: javaboutique.internet.com

Colombia Aprende

Colombia Aprende es el portal educativo del Ministerio de Educación Nacional, creado el 24 de mayo de 2004, como un proyecto estratégico dentro del Programa Nacional de Uso de Medios y Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación del Plan Sectorial "La Revolución Educativa 2002-2006".

El Portal Colombia Aprende es miembro de la Red Latinoamericana de Portales Educativos (RELPE) y considerado como uno de los tres mejores portales de América Latina y el Caribe por la UNESCO, es el principal punto de acceso y encuentro virtual de la comunidad educativa del país.

Para mayor información se puede consultar el sitio WEB: www.colombiaaprende.edu.co

Red Latinoamericana de Portales Educativos (RELPE)

La Red Latinoamericana de Portales Educativos tiene por objetivo constituir una comunidad de intercambio y colaboración para compartir contenidos educativos de alta calidad que contribuyan a mejorar la calidad y equidad de la educación en América Latina a través del fomento de la integración efectiva de TICs en los procesos educativos.

Para mayor información se puede consultar el sitio WEB: www.iadb.org

3. CONCEPTOS

Patrones

Un patrón es “un par problema/solución que se puede aplicar en nuevos contextos con consejos de cómo aplicarlo en nuevas situaciones y discusiones sobre sus compromisos” [3]. Los patrones de diseño son soluciones simples y elegantes para problemas específicos en el diseño de software orientado a objetos. Representan soluciones que han sido desarrolladas y han ido evolucionando a través del tiempo. Un patrón de diseño, nomina, explica y evalúa un diseño importante y recurrente en los sistemas orientados a objetos. Algunos de los patrones utilizados en el diseño de la aplicación de la que se hace referencia en el presente documento son:

De creación

Son aquellos que abstraen el proceso de creación de instancias, independizando la creación, composición y representación de los objetos de un sistema. Dentro de esta categoría se tiene el patrón

- Factory Method (Método Fabrica): Define una interfaz para instanciar objetos, dejando que las clases derivadas decidan que clase instanciar.
- Singleton (Único): garantiza que una clase tenga sólo una instancia y proporciona un punto de acceso global a ella.

Estructurales

Determinan la combinación de clases y objetos para formar estructuras complejas. En esta categoría se encuentran:

- Flyweight (Peso Ligero): Es un patrón que permite la representación visual de los objetos, el uso de este patrón reduce la cantidad de memoria requerida.
- Facade (Fachada): Proporciona una interfaz unificada para un conjunto de interfaces de un subsistema. Define una interfaz de alto nivel que hace que el subsistema sea más fácil de usar.
- Proxy (Delegado): Proporciona un representante o sustituto de otro objeto para controlar el acceso. Se utiliza un objeto que representa los servicios prestados por el objeto real el cual reside en el servidor.

De comportamiento

Son patrones que determinan el modo en que las clases y objetos interactúan y se reparten las responsabilidades. Describen la comunicación y complejidad de los flujos de control, los cuales son difíciles de seguir en tiempo de ejecución. Dentro de esta categoría se tienen:

- Observer (Observador): Define una dependencia de uno a muchos entre objetos, de forma que cuando un objeto cambia de estado se notifica y se actualizan automáticamente todos los objetos que dependen de él.
- Memento (Recuerdo): Representa y externaliza el estado interno de un objeto sin violar la encapsulación, de forma que éste pueda volver a dicho estado en un tiempo posterior.
- Strategy (Estrategia): Permite que un algoritmo varíe independientemente de los clientes que lo utilicen.
- Chain of Responsibility (Cadena de Responsabilidad): Evita acoplar el emisor de una petición a su receptor, dando a más de un objeto la posibilidad de responder a la petición. Encadena los objetos receptores y pasa la petición a través de una cadena hasta que es procesada por algún objeto.
- Iterator (Iterador): Proporciona un modo de acceder secuencialmente a los elementos de un objeto agregado sin exponer su representación interna, de igual manera permite el manejo de los componentes de la colección. Facilita el manejo de las colecciones de objetos sin exponer su representación interna.
- Mediator (Mediador): Define un objeto que encapsula cómo interactúan una serie de objetos. Promueve un bajo acoplamiento al evitar que los objetos se refieran unos a otros explícitamente, y permite variar la interacción entre ellos de forma independiente.

Sistemas cliente - servidor

En los sistemas maestro - esclavo, todo el procesamiento se realiza en el dispositivo maestro y el esclavo sólo realiza la función de despliegue, mientras que en las arquitecturas cliente-servidor “una aplicación se modela como un conjunto de servicios proporcionados por procesos servidores y un conjunto de procesos cliente que usan esos servicios” [4]. Los procesos cliente - servidor no necesariamente tienen que residir en máquinas diferentes, los servicios prestados por el servidor mediante un cliente de software se pueden ejecutar desde la computadora del usuario. Cuando se requiere realizar una actualización, esta se realiza en los procesos servidores y no es necesario actualizar los clientes (el concepto del proceso servidor, hace referencia a la lógica de la aplicación y no al dispositivo donde se ejecuta).

Servlet Socket

Los servlets son objetos que corren dentro del contexto de un servidor WEB y extienden su funcionalidad. También podrían correr dentro de un servidor de aplicaciones. La palabra servlet deriva de otra anterior, applet, que se refería a pequeños programas escritos en Java que se ejecutan en el contexto de un navegador WEB. Por contraposición, un servlet es un programa que se ejecuta en un servidor WEB. El uso más común de los servlets es generar páginas WEB de forma dinámica a partir de los parámetros de la petición que envíe el navegador WEB.

4. PROPUESTA

Descripción del Sistema

La aplicación trabaja bajo la arquitectura cliente – servidor. Los protocolos de comunicación en red que se utilizan para

conectar la parte cliente con el servidor, son parte del estándar de facto TCP/IP , entre estos protocolos cabe resaltar el uso del protocolo HTTP (Protocolo de Transferencia de Hipertexto) sobre el cual se construyen los Sockets (punto de comunicación por el cual dos procesos pueden intercambiar información) quienes son los encargados de transportar los datos entre el cliente y el servidor, ya sea para enviar las solicitudes realizadas por el cliente, como para enviar las respuestas generadas dinámicamente en el servidor.

Cliente

Es un cliente tipificado como “cliente pesado”, ya que en el se realiza el procesamiento de la presentación y el comportamiento gráfico de los objetos visuales. La interacción del usuario con el sistema se realiza mediante una interfaz gráfica que se presenta al estudiante un entorno intuitivo y amigable, esta compuesta por una barra de herramientas ubicada en la parte superior, y tres paneles. El panel superior izquierdo permite el acceso al subsistema de los dispositivos de red disponibles para configuración. El panel de la parte inferior izquierda permite el acceso al subsistema de los dispositivos de interconexión. El panel de la derecha constituye el área de trabajo.

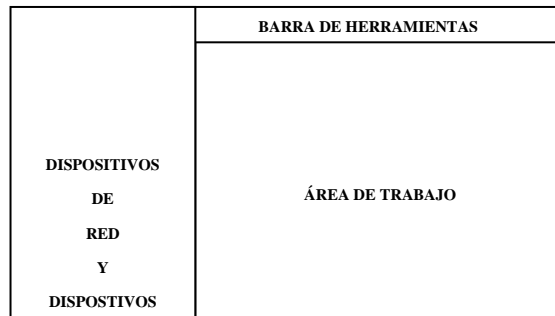


Fig. 1 Interfaz de Usuario

El estudiante selecciona con el ratón dispositivos de red y los activa en la ventana de trabajo, estos dispositivos pueden ser comunicados mediante el uso de los dispositivos de interconexión, los cuales pueden ser seleccionados con el ratón desde el panel de interconexión de dispositivos.

Para interconectar dos dispositivos de red, es necesario agregarlos primero en el área de trabajo, posteriormente el usuario selecciona un dispositivo que los interconectará uniendo los puntos dispuestos para ello en cada dispositivo de red. Para la configuración de los dispositivos se despliega una ventana emergente donde el usuario puede seleccionar las opciones deseadas. Para cualquier conexión y antes de ser graficada, la herramienta evalúa la validez de acuerdo con la lógica de conexiones establecida en cada uno de los objetos, si esta no es coherente se aborta la acción, dicha lógica se soporta en la compatibilidad de las interfaces a conectar.

Una vez establecida la topología y configurados los dispositivos, se puede iniciar una de las simulaciones disponibles en el menú ubicado en la barra de herramientas, las cuales están clasificadas así:

- LAN: la cual permitirá la simulación de protocolos como: ARP, RARP y PROXY-ARP
- WAN: donde se simularán los protocolos RIP-1, RIP-2 e IGRP.

Funciones del servidor

El subsistema servidor esta compuesto por un Servlet Socket (que hace las veces de Proxy por composición y es a la vez una modificación del patrón Singleton), encargado de recibir las peticiones y reenviarlas al objeto adecuado para realizar su procesamiento, recibe la respuesta y la reenvía al cliente que la ha solicitado. Algunos de los módulos que procesan la información en el, han sido implementados como Servlet, con el fin de permitir que puedan ser ubicados en varias máquinas, lo que aumenta la disponibilidad del sistema. La respuesta se envía en forma de objetos serializados, para que este los deserialice y construya la presentación visual al usuario.

El Servlet de entrada se encarga de enviar al cliente el Applet de configuración y simulación, de igual forma se encarga del llamado de los módulos de acuerdo con las requerimientos del usuario, de esta manera el usuario sólo interactúa con la interfaz gráfica y no requiere de conocimientos de redes, mientras aprende cómo es el funcionamiento de estas.

Uso de los patrones en la aplicación

- Factory Method (Método Fábrica): Para delegar en clases derivadas la creación de los objetos
- Flyweight (Peso Ligero): Para la representación visual de los objetos, esto permite reducir la cantidad de memoria requerida para la representación de los objetos visuales.
- Facade (Fachada): Utilizado para facilitar al usuario el manejo de los subsistemas de la aplicación, también facilita la comunicación con los subsistemas de enrutamiento, ubicados en el servidor.
- Proxy (Delegado): Permite responder las solicitudes del cliente.
- Observer (Observador): Este patrón es utilizado en la configuración de la topología de la red, los arcos observan a los nodos y cuando un objeto de tipo nodo es borrado se eliminan con el, todos los arcos que están conectados al objeto. Los distintos eventos de interacción de la interfaz gráfica son capturados mediante este patrón.
- Memento (Recuerdo): Permite al usuario deshacer y rehacer acciones realizadas en la interacción mediante la interfaz gráfica de configuración de la topología.
- Strategy (Estrategia): Permite cambiar el algoritmo de enrutamiento, dependiendo si se utiliza el protocolo de enrutamiento RIP o IGRP.
- Mediator (Mediador): Utilizado en los llamados al servidor y en la interacción entre el modelo y la vista

En esta aplicación se hace uso del patrón HMVC[4] el cual es un MVC[3] mejorado, a diferencia del patrón MVC, en HMVC se establece una jerarquía de triadas que corresponde con la estructura jerárquica de la interfaz de usuario

La API utilizada para la construcción de la interfaz gráfica es JAVA.SWING (en cuanto a procesamiento es más pesada que AWT, pero tiene un conjunto de recursos mucho más extenso y con una mejor apariencia visual. No se utilizó SWT

(más eficiente que SWING), para conservar la ventaja de multiplataforma, sin embargo la utilización del patrón HMVC permite que se pueda utilizar cualquiera de las otras APIs para construir los elementos gráficos, sin tener que modificar el nivel de presentación.

5. CONCLUSIONES

- Un gran porcentaje del software existente tiene como público objetivo los estudiantes de educación básica primaria y secundaria.
- La educación superior poco se soporta en herramientas informáticas de apoyo al aprendizaje, aunque es la que más produce, desarrolla e investiga de este tema.
- Gran cantidad del software educativo permite interacción con el usuario, de manera que este puede manipular ciertas variables para desarrollar ejercicios o realizar simulaciones sobre áreas específicas de conocimiento.
- Muy pocas herramientas permiten construir los escenarios de trabajo por parte del estudiante, sino que presentan situaciones predeterminadas.
- La mayoría de las herramientas deben ser descargadas en el PC para ser ejecutadas, mientras que muy pocas permiten la interacción en línea con la simulación.
- Al momento de la realización del presente documento no se ha encontrado una herramienta de simulación en línea que permita la configuración y establecimiento de una topología de red y de los protocolos que por ella corren.
- El desarrollo de simulaciones educativas en ambiente cliente – servidor permite tener un contacto permanente con los estudiantes, a la vez que permiten construir recursos para soporte del aprendizaje de manera progresiva.

6. GLOSARIO

- WWW (World Wide Web): Red de Área Extendida: Sistema de arquitectura Cliente-Servidor, que permite la distribución y obtención de información en Internet basado en hipertexto e Hipermedia.
- LAN (Local Área Network): Red de Área Local. Su extensión esta limitada físicamente a un edificio o a un entorno de unos pocos kilómetros. Su aplicación más extendida es la interconexión de computadores personales y estaciones de trabajo en oficinas, fábricas, etc; para compartir recursos e intercambiar datos y aplicaciones.
- WAN (Wide Área Network): Red de Área Extendida. Es una red de computadoras que puede estar localizada en un área geográfica muy extensa y puede contener varios miles de computadoras interconectadas por medio de canales de comunicación de alta velocidad. Muy utilizadas por organizaciones muy grandes
- TIC (Tecnologías de Información y Comunicación): Las TIC agrupan un conjunto de sistemas necesarios para administrar la información, y especialmente los dispositivos y programas necesarios para convertirla, almacenarla, administrarla, transmitirla y encontrarla.
- TCP/IP: Conjunto básico de protocolos de comunicación de redes, popularizado por Internet, que permiten la transmisión de información en redes de computadores. El nombre TCP/IP proviene de dos protocolos importantes de la familia, el Transmission Control Protocol (TCP) y el Internet Protocol (IP)
- HMVC: Modelo vista controlador jerárquico.
- MVC: Modelo vista controlador

7. REFERENCIAS

- [1] *Prieto Castillo, D.*, 1995, p.267
- [2] “Uso de las TIC en la docencia universitaria presencial”, recursostic.javeriana.edu.co/wiki
- [3] *Larman, Craig*. “UML y Patrones”
- [4] *Gamma, Erich*. “Desing Patterns Elements of Reusable Object – Oriented Software, Adison Wesley, 1994.

[5] *Sommerville, Ian* “Ingeniería del Software”, Adison Wesley, 2004

Pruebas en Programación Extrema

Cristian A. Rodriguez

Universidad de la Salle, Ingeniería de Diseño y
Automatización Electrónica,
Bogota, Colombia
cristianarm@gmail.com

José E. Bonilla

Universidad de la Salle, Ingeniería de Diseño y
Automatización Electrónica,
Bogota, Colombia
jbonilla@jupiter.lasalle.edu.co

ABSTRACT

This paper tries to give an overview of Extreme Programming (XP), which is a methodology for an agile software development and has a great level of acceptance among software programmers. It gives a perspective of its foundations, in which we will always find one of its most important aspects all along its process: testing; techniques of black and white box testing which are useful to make an analysis at the level of generated output or the code characteristics. The techniques more often used for testing in Extreme Programming are: Unit tests, acceptance tests and regression tests.

Keywords: Extreme Programming, unitary tests, acceptance tests and tests of regression.

RESUMEN

El presente documento pretende dar una panorámica respecto Programación Extrema (XP), esta es una metodología ágil de desarrollo de software, que tiene un gran nivel de acogida entre los programadores. Se presenta una visión de los valores en que se fundamenta, donde siempre veremos un aspecto muy importante durante todo su proceso, las pruebas. Las técnicas de comprobación de caja negra y caja blanca con las cuales podemos hacer análisis a nivel de resultados generados o de características del código. Los métodos para realizar prueba en programación extrema que mas se usan son: pruebas unitarias, pruebas de aceptación y pruebas de regresión.

Palabras claves: Programación Extrema, pruebas unitarias, pruebas de aceptación y pruebas de regresión.

1. INTRODUCCIÓN

Las pruebas son un aspecto muy importante en cualquier metodología que nunca se deben dejar pasar sin ponerle el suficiente cuidado. Las pruebas casi siempre son realizadas por personas que no están en directo contacto con el proceso de elaboración de código y a eso le sumamos los problemas de comunicación entre las diferentes partes. La mayoría de los problemas generados cuando se están haciendo pruebas con el cliente se dan porque no se realizaron las pruebas necesarias, por no pensar que esa situación se generaría ó por problemas de comunicación entre el cliente y los desarrolladores.

Como parte que es de un proceso, la fase de pruebas añade valor al producto que se maneja: todos los programas tienen errores y la fase de pruebas los descubre. El objetivo específico de la fase de pruebas es encontrar la mayor cuantía de errores, entre mas mejor. Esto no es suficiente para reconocer que el objetivo último de todo el proceso de fabricación de programas sea hacer programas que funcionen bien; pero cada fase tiene su objetivo específico, y el de las pruebas es destapar errores.

2. ¿QUE ES LA PROGRAMACION EXTREMA?

Más conocida como XP por sus siglas en inglés (*eXtreme Programming*), la programación extrema es una nueva disciplina de desarrollo que ha causado un gran revuelo entre los programadores del mundo. Kent Beck, su autor, es un programador que ha trabajado en múltiples empresas. Con sus teorías ha conseguido llamar la atención de gran parte de la industria del software gracias a sus valiosas ideas

Definición de programación extrema

La programación extrema es actualmente un acercamiento deliberado y disciplinado al desarrollo del software, se basa en la simplicidad, la comunicación y el reciclado continuo de código, para algunos no es más que aplicar simple lógica.

Por otro lado es importante resaltar que XP por escribir las pruebas antes incluso de haber escrito el código, la cual se le van a aplicar.

La programación extrema enfatiza sus objetivos en dos:

- Satisfacción del cliente. La metodología está diseñada para entregar al cliente el software que necesita y cuando lo necesita.
- Potenciar al máximo el trabajo en equipo. Los gerentes, clientes y desarrolladores son parte de un equipo dedicado a la entrega de un software de calidad.

Variables que tiene en cuenta XP

XP define cuatro variables para proyectos de software: costo, tiempo, calidad y ámbito. Beck propone que sólo tres puedan ser establecidas por las fuerzas externas (jefes de proyecto y clientes), mientras que el valor de la cuarta variable debe ser establecido por los programadores en función de las otras tres.

Valores en XP

Uno de los elementos constantes en cualquier ciclo de vida de desarrollo de un proyecto de software son los cambios que van apareciendo. La labor de la gerencia de proyectos está en generar las estrategias necesarias para hacerle frente a los cambios que se van presentando. Para tal fin XP cuenta con unos planteamientos iniciales estos son:

- Comunicación: XP ayuda mediante sus prácticas a fomentar la comunicación entre todos los participantes.
- Sencillez: XP apuesta por hacer una cosa sencilla hoy y pagar un poco más para mañana, si es necesario. La sencillez y la comunicación se complementan, cuanto más simple es el sistema menos se tiene que comunicar de él.

- Retroalimentación: La retroalimentación actúa junto con la sencillez y la comunicación; cuanto mayor sea la retroalimentación más fácil es la comunicación. Cuanto más simple un sistema más fácil de probar. Escribir pruebas orienta a cómo simplificar un sistema, hasta que las pruebas funcionen.
- Valentía: La valentía junto con la comunicación y la sencillez se convierten en algo extremadamente valioso.

Actividades Básicas

Ahora se presentan las actividades que permiten desarrollar un buen software:

- Codificar: Es la única actividad de la que no se puede prescindir. Por tanto se necesita codificar y plasmar las ideas a través del código.
- Hacer pruebas: Las características del software que no pueden ser demostradas mediante pruebas simplemente no existen. Programar y probar es más rápido que sólo programar. Las pruebas deben de ser sensatas y valientes. No se pueden hacer pruebas que no evalúen a fondo el sistema, esos agujeros que se van dejando, esperan para cuando se pase de nuevo por allí vuelvan a presentar error.
- Escuchar: Si se van a hacer pruebas se tiene que preguntar si lo obtenido es lo deseado, y se tiene que preguntar quien necesita la información.
- Diseñar: El diseño crea una estructura que organiza la lógica del sistema, un buen diseño permite que el sistema crezca con cambios en un solo lugar. Los diseños deben de ser sencillos, si alguna parte del sistema es de desarrollo complejo, se divide en varias. Si hay fallos en el diseño o malos diseños, estos deben de ser corregidos lo más pronto posible.

Se codifica porque sin código no hay programas, se hacen pruebas por que sin pruebas no sabe si se ha acabado de codificar, se debe escuchar, porque si no se escucha no se sabe que codificar ni probar, y se tiene que diseñar para poder codificar, probar y escuchar indefinidamente.

Fases de la metodología XP

Planificación

XP plantea la planificación como un permanente diálogo entre las partes empresarial (deseable) y técnica (posible). Las personas del negocio necesitan determinar:

- **Ámbito:** ¿Qué es lo que el software debe de resolver para que este genere valor?
- **Prioridad:** ¿Qué debe ser hecho en primer lugar?
- **Composición de versiones:** ¿Cuánto es necesario hacer para saber si el negocio va mejor con software que sin él?

En cuanto el software aporte algo al negocio debemos tener listas las primeras versiones.

- **Fechas de versiones:** ¿Cuáles son las fechas en las que la presencia del software o parte del mismo pudiese marcar la diferencia?
- **Estimaciones:** ¿Cuanto tiempo lleva implementar una característica?
- **Consecuencias:** Informar sobre las consecuencias de la toma de decisiones por parte del negocio. Por ejemplo el cambiar las bases de datos a Oracle.
- **Procesos:** ¿Cómo se organiza el trabajo y el equipo?
- **Programación detallada:** Dentro de una versión ¿Qué problemas se resolverán primero?

Pequeñas versiones

Cada versión debe de ser tan pequeña como sea posible, conteniendo los requisitos de negocios más importantes, las versiones tienen que tener sentido como un todo.

Diseño

- Metáfora. Una metáfora es una historia que todo el mundo puede contar acerca de cómo funciona el sistema.
- Las metáforas ayudan a cualquier persona a entender la intención del programa.
- Diseño sencillo. El diseño adecuado para el software es aquel que:
 - Funciona con todas las pruebas.
 - No tiene lógica duplicada.
 - Manifiesta cada intención importante para los programadores
 - Tiene el menor número de clases y métodos.

Desarrollo

- Recodificación. Cuando se implementan nuevas características en los programas se plantea la manera de hacerlo lo más simple posible; después de implementar esta característica, se debe hacer un autocuestionamiento acerca de cómo hacer el programa más simple sin perder funcionalidad, a este proceso se le denomina recodificar o refactorizar (*refactoring*).
- Programación por parejas. Todo el código de producción lo escriben dos personas frente al ordenador, con un sólo ratón y un sólo teclado. Cada miembro de la pareja juega su papel: uno codifica en el ordenador y piensa la mejor manera de hacerlo, el otro piensa más estratégicamente, ¿Va a funcionar?, ¿Puede haber pruebas donde no funcione?, ¿Hay forma de simplificar el sistema global para que el problema desaparezca?
- Propiedad colectiva. Cualquiera que crea que puede aportar valor al código en cualquier de los módulos puede hacerlo, ningún miembro del equipo es propietario del código. Si alguien quiere hacer cambios en el código puede hacerlo. Si se hace el código propietario, y se necesita de su autor para que lo cambie entonces se está produciendo un alejamiento cada vez mayor de la comprensión del problema.

XP propone una propiedad colectiva sobre el código, nadie conoce cada parte igual de bien pero todos conocen algo sobre cada parte, esto preparará al equipo para la sustitución no traumática de cada miembro.

- Integración continua. El código se debe integrar como mínimo una vez al día, y realizar las pruebas sobre la totalidad del sistema.
- 40 Horas semanales. Si se quiere que el equipo esté fresco y motivado cada mañana y cansado y satisfecho cada noche; no se debe obligar a que las jornadas de trabajo excedan las 40 horas a la semana. Mucha gente no puede estar más de 35 horas concentrados a la semana, otros pueden llegar hasta 45 pero ninguno puede llegar a 60 horas durante varias semanas y aun seguir fresco, creativo y confiado. Las horas extras son síntoma de serios problemas en el proyecto, la regla de XP dice nunca 2 semanas seguidas realizando horas extras.
- Cliente In-situ. Un cliente real debe sentarse con el equipo de programadores, estar disponible para responder a sus preguntas, resolver discusiones y fijar las prioridades. Lo difícil es que el cliente ceda una persona que conozca el negocio para que se integre en el equipo; normalmente estos elementos son muy valiosos.
- Estándares de codificación. Si los programadores van a estar tocando partes distintas del sistema, intercambiando compañeros, haciendo refactorización, se debe establecer un estándar de codificación aceptado e implantado por todo el equipo.

Pruebas

Hacer pruebas. «Cualquier característica de un programa para la que no haya una prueba automatizada, simplemente no existe». Y es que éste es sin duda el pilar básico sobre el que se sustenta XP. El *testing* en cada iteración es más que importante; de eso se trata este paradigma de programación, corregir mientras se programa. De esta forma se van cubriendo todos los baches que cada versión padezca.

Por otro lado es importante resaltar que en XP por escribir las pruebas antes incluso de haber escrito el código, en el cual se van a aplicar. Brinda las siguientes ventajas:

- Ayuda automáticamente a ser más claro sobre el diseño de la futura clase que va a satisfacer la prueba, ya que obliga al programador a pensar en la interface y los resultados esperados primero, independientemente del ambiente externo a la función o clase en cuestión.
- Dada la típica independencia funcional de la clase de prueba, le proporciona a los programadores un ejemplo del uso esperado de la clase, así como documentación relativamente simple del diseño de la clase que siempre se mantendrá actualizada (porque si se cambia la interface o las reglas, la prueba se va a romper, ya sea porque no compila o porque falla al no encontrar los resultados esperados, lo cual obliga a cambiar o la prueba o el código).
- Con el tiempo, la organización cuenta con una lista de pruebas que se pueden aplicar para verificar la validez de código nuevo. Dichas pruebas se pueden automatizar y preparar para que corran de noche o como parte del proceso de verificación antes de enviar a control de calidad (e instalar “en vivo”).

Es por esto que los programadores de XP siempre dicen “No has acabado hasta que todas las pruebas corran”.

3. TÉCNICAS DE COMPROBACIÓN

Caja blanca

En estas pruebas siempre se esta observando el código, que las pruebas se dedican a ejecutar con el ánimo de "probarlo todo". Esta noción de prueba total se formaliza en lo que se llama "cobertura" y no es sino una medida porcentual de ¿cuánto código hemos cubierto?

Hay diferentes posibilidades de definir la cobertura. Todas ellas intentan sobrevivir al hecho de que el número posible de ejecuciones de cualquier programa no trivial es (a todos los efectos prácticos) infinito. Pero si el 100% de cobertura es infinito, ningún conjunto real de pruebas pasaría de un infinitésimo de cobertura. Esto puede ser muy interesante para los matemáticos; pero no sirve para nada.

Cobertura de segmentos

A veces también denominada "cobertura de sentencias". Por segmento se entiende una secuencia de sentencias sin puntos de decisión. Como el ordenador está obligado a ejecutarlas una tras otra, es lo mismo decir que se han ejecutado todas las sentencias o todos los segmentos.

El número de sentencias de un programa es finito. Basta coger el código fuente e ir contando. Se puede diseñar un plan de pruebas que vaya ejercitando más y más sentencias, hasta que hayamos pasado por todas, o por una inmensa mayoría.

En la práctica, el proceso de pruebas termina antes de llegar al 100%, pues puede ser excesivamente laborioso y costoso provocar el paso por todas y cada una de las sentencias.

A la hora de decidir el punto de corte antes de llegar al 100% de cobertura hay que ser precavido y tomar en consideración algo más que el índice conseguido. En efecto, ocurre con bastante frecuencia que los programas contienen código muerto o inalcanzable. Puede ser que este trozo del programa, simplemente "sobre" y se pueda prescindir de él; pero a veces significa que una cierta funcionalidad, necesaria, es inalcanzable: esto es un error y hay que corregirlo.

Cobertura de ramas

La cobertura de segmentos es engañosa en presencia de segmentos opcionales. Por ejemplo: el IF.

Desde el punto de vista de cobertura de segmentos, basta ejecutar una vez, con éxito la condición, para cubrir todas las sentencias posibles. Sin embargo, desde el punto de vista de la lógica del programa, también debe ser importante en caso que la condición falle (si no lo fuera, sobra el IF). Sin embargo, como en la rama ELSE no hay sentencias, con 0 ejecuciones tenemos el 100%.

Para afrontar estos casos, se plantea un refinamiento de la cobertura de segmentos consistente en recorrer todas las posibles salidas de los puntos de decisión. Para el ejemplo de arriba, para conseguir una cobertura de ramas del 100% hay que ejecutar (al menos) 2 veces, una satisfaciendo la condición, y otra no.

Estos criterios se extienden a las construcciones que suponen elegir 1 de entre varias ramas. Por ejemplo, el CASE.

Nótese que si se logra una cobertura de ramas del 100%, esto llevaría implícita una cobertura del 100% de los segmentos, pues todo segmento está en alguna rama. Esto es cierto salvo en programas triviales que carecen de condiciones (a cambio, basta una sola prueba para cubrirlo desde todos los puntos de vista). El criterio también debe refinarse en lenguajes que admiten excepciones (por ejemplo, Ada). En estos casos, hay que añadir pruebas para provocar la ejecución de todas y cada una de las excepciones que pueden dispararse.

Cobertura de condición/decisión

La cobertura de ramas resulta a su vez engañosa cuando las expresiones booleanas que se usan para decidir por qué rama tirar son complejas. Por ejemplo: `IF Condicion1 OR Condicion2 THEN HagaEsto; END;`

Las condiciones 1 y 2 pueden tomar 2 valores cada una, dando lugar a 4 posibles combinaciones. No obstante sólo hay dos posibles ramas y bastan 2 pruebas para cubrirlas. Pero con este criterio podemos estar cerrando los ojos a otras combinaciones de las condiciones.

Consideremos sobre el caso anterior las siguientes pruebas:

Prueba 1: `Condicion1 = TRUE` y `Condicion2 = FALSE`

Prueba 2: `Condicion1 = FALSE` y `Condicion2 = TRUE`

Prueba 3: `Condicion1 = FALSE` y `Condicion2 = FALSE`

Prueba 4: `Condicion1 = TRUE` y `Condicion2 = TRUE`

Bastan las pruebas 2 y 3 para tener cubiertas todas las ramas. Pero con ellos sólo hemos probado una posibilidad para la Condición1.

Para afrontar esta problemática se define un criterio de cobertura de condición/decisión que divide las expresiones booleanas complejas en sus componentes e intenta cubrir todos los posibles valores de cada uno de ellos.

Nótese que no basta con cubrir cada una de las condiciones componentes, si no que además hay que cuidar de sus posibles combinaciones de forma que se logre siempre probar todas y cada una de las ramas. Así, en el ejemplo anterior no basta con ejecutar las pruebas 1 y 2, pues aun cuando se cubra perfectamente cada posibilidad de cada condición por separado, lo que no se ha logrado es recorrer las dos posibles ramas de la decisión combinada. Para ello es necesario añadir la prueba 3.

El conjunto mínimo de pruebas para cubrir todos los aspectos es el formado por las pruebas 3 y 4. Aún así, nótese que no se ha probado todo lo posible. Por ejemplo, si en el programa nos colamos y ponemos AND donde queríamos poner OR (o viceversa), este conjunto de pruebas no lo detecta. Sólo queremos decir que la cobertura es un criterio útil y práctico; pero no es prueba exhaustiva.

Cobertura de bucles

Los bucles no son más que segmentos controlados por decisiones. Así, la cobertura de ramas cubre plenamente la esencia de los bucles. Pero eso es simplemente la teoría, pues la práctica descubre que los bucles son una fuente inagotable de errores, todos triviales, algunos mortales. Un bucle se ejecuta un cierto número de veces; pero ese número de veces debe ser muy preciso, y lo más normal es que ejecutarlo una vez de menos o una vez de más tenga consecuencias indeseables. Y, sin embargo, es extremadamente fácil equivocarse y redactar un bucle que se ejecuta 1 vez de más o de menos.

Para un bucle de tipo WHILE hay que pasar 3 pruebas

- 0 ejecuciones
- 1 ejecución
- más de 1 ejecución

Para un bucle de tipo REPEAT hay que pasar 2 pruebas

- 1 ejecución

- más de 1 ejecución

Los bucles FOR, en cambio, son muy seguros, pues en su cabecera está definido el número de veces que se va a ejecutar. Ni una más, ni una menos, y el compilador se encarga de garantizarlo. Basta pues con ejecutarlos 1 vez.

No obstante, conviene no engañarse con los bucles FOR y examinar su contenido. Si dentro del bucle se altera la variable de control, o el valor de alguna variable que se utilice en el cálculo del incremento o del límite de iteración, entonces eso es un bucle FOR con trampa.

También tiene "trampa" si contiene sentencias del tipo EXIT (que algunos lenguajes denominan BREAK) o del tipo RETURN. Todas ellas provocan terminaciones anticipadas del bucle.

Estos últimos párrafos hay que precisarlos para cada lenguaje de programación. Lo peor son aquellos lenguajes que permiten el uso de sentencias GOTO. Tampoco conviene confiarse de lo que prometen lenguajes como MODULA-2, que se supone que prohíben ciertas construcciones arriesgadas. Los compiladores reales suelen ser más tolerantes que lo anunciado en los libros.

Si el programa contiene bucles LOOP, o simplemente bucles con trampa, la única cobertura aplicable es la de ramas. El riesgo de error es muy alto; pero no se conocen técnicas sistemáticas de abordarlo, salvo reescribir el código.

Caja negra

Las pruebas de caja negra se centran en lo que se espera de un módulo, es decir, intentan encontrar casos en que el módulo no se atiene a su especificación. Por ello se denominan pruebas funcionales, y el probador se limita a suministrarle datos como entrada y estudiar la salida, sin preocuparse de lo que pueda estar haciendo el módulo por dentro.

Las pruebas de caja negra están especialmente indicadas en aquellos módulos que van a ser interfaz con el usuario (en sentido general: teclado, pantalla, ficheros, canales de comunicaciones, etc etc). Y se apoyan en la especificación de requisitos del módulo. De hecho, se habla de "cobertura de especificación" para dar una medida del número de requisitos que se han probado. Es fácil obtener coberturas del 100% en módulos internos, aunque puede ser más laborioso en módulos con interfaz al exterior. En cualquier caso, es muy recomendable conseguir una alta cobertura en esta línea.

El problema con las pruebas de caja negra no suele estar en el número de funciones proporcionadas por el módulo (que siempre es un número muy limitado en diseños razonables); sino en los datos que se le pasan a estas funciones. El conjunto de datos posibles suele ser muy amplio (por ejemplo, un entero).

A la vista de los requisitos de un módulo, se sigue una técnica algebraica conocida como "clases de equivalencia", esta técnica trata cada parámetro como un modelo algebraico donde unos datos son equivalentes a otros. Si se logra partir un rango excesivamente amplio de posibles valores reales a un conjunto reducido de clases de equivalencia, entonces es suficiente probar un caso de cada clase, pues los demás datos de la misma clase son equivalentes.

El problema está pues en identificar clases de equivalencia, tarea para la que no existe una regla de aplicación universal; pero hay recetas para la mayor parte de los casos prácticos:

- Si un parámetro de entrada debe estar comprendido en un cierto rango, aparecen 3 clases de equivalencia: por debajo, en y por encima del rango.
- Si una entrada requiere un valor concreto, aparecen 3 clases de equivalencia: por debajo, en y por encima del rango.
- Si una entrada requiere un valor de entre los de un conjunto, aparecen 2 clases de equivalencia: en el conjunto o fuera de él.
- Si una entrada es booleana, hay 2 clases: si o no.
- Los mismos criterios se aplican a las salidas esperadas: hay que intentar generar resultados en todas y cada una de las clases.

Ejemplo: cuando se utiliza un entero para identificar el día del mes. Los valores posibles están en el rango [1...31]. Así, hay 3 clases:

- Números menores que 1

- Números entre 1 y 31
- Números mayores que 31

Durante la lectura de los requisitos del sistema, nos encontraremos con una serie de valores singulares, que marcan diferencias de comportamiento. Estos valores son claros candidatos a marcar clases de equivalencia: por abajo y por arriba.

Una vez identificadas las clases de equivalencia significativas en nuestro módulo, se procede a coger un valor de cada clase, que no esté justamente al límite de la clase. Este valor aleatorio, hará las veces de cualquier valor normal que se le pueda pasar en la ejecución real.

La experiencia muestra que un buen número de errores aparecen en torno a los puntos de cambio de clase de equivalencia. Hay una serie de valores denominados "frontera" (o valores límite) que conviene probar, además de los elegidos en el párrafo anterior. Usualmente se necesitan 2 valores por frontera, uno justo abajo y otro justo encima.

4. MÉTODOS DE PRUEBAS USADOS EN PROGRAMACIÓN EXTREMA

Como se ha visto las pruebas son muy importantes en la programación extrema, en la actualidad se encuentran variados métodos recientes y otras de vieja data, pero entre las más usadas se encuentran:

- Pruebas unitarias
- Pruebas de aceptación
- Pruebas de regresión

Ahora haremos un recuento de cada una de las metodologías y como son aplicadas

▪ Pruebas unitarias

Una prueba de unidad pretende saber si cada función en un archivo de programa simple funciona correctamente, ayudando a independizar un módulo y facilitando la posibilidad de realizar una prueba independientemente del resto del sistema. Hay que tener en cuenta que estas pruebas no reemplazan las pruebas realizadas sobre las versiones de beta del sistema como tal.

Es indispensable tener en cuenta para que una prueba unitaria sea buena se deben cumplir algunos requisitos, aunque estos requisitos no tienen que ser cumplidos al pie de la línea, es más que recomendable seguirlos porque sino, las pruebas pierden parte de su función. Criterios para crear una prueba de unidad:

- Automatizable: No debería requerirse una intervención manual. Esto es especialmente útil para integración continua.
- No requiere de mucho código para prepararla. Una prueba de unidad cuya preparación toma 3 minutos (iniciando el ambiente y las conexiones) se debe considerar demasiado pesada para ejecutarse cada vez que se hagan cambios.
- Repetibles o Reutilizables: No se deben crear pruebas que sólo puedan ser ejecutadas una sola vez. También es útil para integración continua.
- Independientes: La ejecución de una prueba no debe afectar a la ejecución de otra.
- Probar sólo un método. Aunque no siempre es necesario hacer "una prueba por método", sí es importante asegurar que cubrimos en nuestro código. Muchas veces se requiere más de un método de prueba por cada método que se dispone, para poder probar los datos de entrada y los posibles resultados.
- Verifica los resultados con aserciones. De preferencia se debe de verificar sólo un resultado. Se pueden revisar varias partes del mismo resultado, pero diferentes condiciones deben probarse en un método separado.
- Profesionales: Las pruebas deben ser consideradas igual que el código, con la misma profesionalidad, documentación, etc.

- Dejar los datos de la misma manera en que los encontró. Cuando la prueba comienza, los datos se preparan si es necesario, pero cuando la prueba termina, es importante que el sistema borre los datos después de la verificación.

En las pruebas unitarias encontramos que su objetivo principal es aislar, cada parte del programa y mostrar que las partes individuales son correctas, brindándonos coherencia entre código escrito y el resultado que debe proporcionar. Estas pruebas aisladas proporcionan cuatro ventajas básicas:

- Fomentar el cambio: Las pruebas unitarias facilitan que el programador cambie el código para mejorar su estructura (que es conocido también como refactorización), puesto que permiten hacer pruebas sobre los cambios y así asegurarse de que los nuevos cambios no han introducido errores.
- Simplificar la integración: Puesto que permiten llegar a la fase de integración con un grado alto de seguridad que el código está funcionando correctamente.
- Documentar el código: Las propias pruebas son documentación del código puesto que ahí se puede ver cómo utilizarlo.
- Separación de la interfaz y la implementación.
- Los errores están más limitados y son más fáciles de localizar dado que tienen pruebas unitarias que pueden desenmascararlos.

En la actualidad encontramos muchas herramientas que nos permiten hacer seguimiento de unitario mas conocido como *frameworks unit*, de los más conocidos encontramos:

- JUnit: Entorno de pruebas para Java creado por Erich Gamma y Kent Beck. Fue el primero y actualmente es el más usado.
- TestNG: Creado para suplir algunas deficiencias en JUnit.
- JTiger: Basado en anotaciones, como TestNG.
- SimpleTest: Entorno de pruebas para aplicaciones realizadas en PHP.
- CPPUnit: Migración del entorno JUnit para lenguajes C/C++.
- NUnit: Migración del entorno JUnit para lenguajes de la plataforma .NET.

▪ **Pruebas de aceptación**

Son una serie de pruebas que escribe y realiza el cliente. Estas se llevan a cabo después que el usuario ha definido sus necesidades respecto a lo que desea que realice la aplicación. Son básicamente pruebas funcionales, sobre el sistema completo que se deben realizar en intervalos regulares, y busca validar los resultados obtenidos. Estas pruebas no se realizan durante el desarrollo, pues sería impresentable contar con la presencia del cliente; sino una vez pasada todas las pruebas de integración por parte del desarrollador.

Las pruebas de aceptación y el historial de requerimientos serán los responsables de verificar los aspectos específicos del negocio para cada cliente potencial en particular, por tanto, estas pruebas verificarán la validez de cada historia de usuario para cada uno de los clientes. Mientras mayor sea el conjunto de pruebas de aceptación de historias de usuario satisfactorias, mayor será la garantía de buenos resultados en el final del proyecto.

Se ha demostrado que aún después del más cuidadoso proceso de pruebas por parte del desarrollador, quedan una serie de errores que sólo aparecen cuando el cliente lo utiliza. Por esto, muchos desarrolladores ejercitan unas técnicas denominadas "pruebas alfa" y "pruebas beta". Las pruebas alfa consisten en invitar al cliente a que venga al entorno de desarrollo a probar el sistema. Se trabaja en un entorno controlado y el cliente siempre tiene un experto a mano para ayudarlo a usar el sistema y para analizar los resultados. Las pruebas beta vienen después de las pruebas alfa, y se desarrollan en el entorno del cliente, un entorno que está fuera de control. Aquí el cliente se queda a solas con el producto y trata de encontrarle fallos (reales o imaginarios) de los que informa al desarrollador.

Las pruebas alfa y beta son habituales en productos que se van a vender a muchos clientes. Algunos de los potenciales compradores se prestan a estas pruebas para ir entrenando a su personal con tiempo o a cambio de alguna ventaja económica (mejor precio sobre el producto final, derecho a mantenimiento gratuito, a nuevas versiones, etc.). La experiencia muestra que estas prácticas son muy eficaces.

Las pruebas de aceptación pueden ser automáticas o manuales, siendo las primeras las preferidas en todo momento, a pesar de que en muchas ocasiones es bastante difícil la construcción de éstas. Se comprobará en la práctica que el

sistema posee todas las funcionalidades exigidas en el cuestionario de especificaciones técnicas tanto en lo que respecta a las características generales como en lo relativo a cada uno de los grupos de funciones y utilidades. Para ello se realizarán pruebas reales de funcionamiento sobre todas y cada una de las características funcionales exigidas.

Entre las posibles pruebas de aceptación se proponen la realización de las siguientes:

Condiciones de funcionamiento: Con este tipo de pruebas se comprobará, mediante prueba real, lo más conveniente, o por simulación que el equipo instalado se comporta conforme a las especificaciones en cuanto a los aspectos críticos de las aplicaciones que harán uso de las facilidades de los equipos de impresión y en cuanto al rendimiento de estos bajo los regímenes de carga de trabajo especificados.

Dado que en muchos casos puede ser muy difícil realizar pruebas reales de funcionamiento en las condiciones reales de operación durante la fase de aceptación, se recomienda la conveniencia de sustituir este tipo de pruebas por las de simulación, en las que se podrá comprobar el comportamiento del equipo mediante la modelización del entorno de operación y de la carga de trabajo.

Requisitos de interoperatividad: La posibilidad de integración de equipos de impresión en arquitecturas de tipo propietario, así como la compatibilidad con sistemas y productos previamente existentes, se comprobará exhaustivamente mediante consulta de la documentación técnica y realización de las pruebas de funcionamiento más oportunas en cada caso.

Facilidades de operación: Para la comprobación de las operaciones de autodiagnóstico y configuración, sean éstas realizadas remotamente o desde el propio panel de control de la impresora, y, en general, de todas las operaciones que puedan influir en el correcto funcionamiento de los dispositivos que se han instalado, se realizarán las pruebas adecuadas a este objetivo.

Esto supone una notable diferencia con respecto a las aplicaciones desarrolladas a medida que deben ser sometidas a pruebas de aceptación rigurosas con el objetivo de comprobar que se han realizado de acuerdo a las especificaciones para las cuales se recomienda tener en cuenta los siguientes puntos:

- Con un volumen de datos realista.
- De las versiones de explotación (*runtimes*) si existen, y de las versiones de desarrollo.
- En todos los entornos en los que se vaya a instalar.
- De conectividad entre los distintos entornos si es procedente.

▪ **Pruebas de regresión**

Es muy importante ser capaz de volver a ejecutar las pruebas cuando se modifica el código. Por esta razón, no es buena idea realizar pruebas específicas que no pueden ser repetidas. Puede parecer un trabajo arduo, pero a largo plazo, resulta menos laborioso construir un conjunto práctico de pruebas que pueden ser reejecutadas a partir de un archivo. Es lo que se denomina pruebas de regresión.

Un enfoque de la fase de prueba que recibe el nombre de *test first programming*, que ya es parte de la programación extrema, apostando por la construcción de pruebas de regresión antes incluso de que se haya escrito el código de aplicación.

La construcción de pruebas de regresión para un sistema grande es una empresa importante. Es posible que sólo la ejecución de los *scripts* dure una semana. Por lo tanto un área de investigación que es muy interesante actualmente es intentar determinar qué pruebas de regresión pueden omitirse. Si sabe qué casos de prueba aplicar a las partes del código, podrá determinar que un cambio local en una parte del código no exige que todos los casos sean reejecutados.

5. CONCLUSIONES

La programación extrema es una metodología ágil, que por medio de sus principales valores ofrece una visión muy diferente a las tradicionales, donde podemos apreciar la importancia que se le brinda al aspecto humano, encontramos que no es necesario abusar de las personas para obtener mejores resultados. Al igual se aprecia que desde el principio es muy importante definir unas condiciones de trabajo que se tendrán que ver reflejadas durante todo el proceso.

Las técnicas de comprobación son muy importantes porque se debe comprender como funcionan y cuando es el mejor momento para aplicarlas. El modelo de caja blanca y el de caja negra, son muy importantes debido a que por medio de la primera podemos optimizar el código y la segunda nos ayuda a poder detectar las formas como puede reaccionar ante diferentes eventualidades.

El proceso de realización de pruebas, no es solo una parte de la programación extrema, una parte fundamental de la misma, es están vital que se debe pensar en ellas entes, durante y después de la realización de un proyecto.

REFERENCIAS

1. Auer K and Miller R. Extreme Programming Applied: Playing to Win. 1st edition. Addison-Wesley Professional. 2001.
2. Crispin L, House T. Testing Extreme Programming. 1st edition. Addison-Wesley Professional. 2002.
3. Beck K. and Cynthia A. Extreme Programming Explained: Embrace Change, Second Edition. Addison-Wesley Professional. 2004.
4. Beck K. and Fowler M. Planning Extreme Programming. Addison-Wesley Professional. 2000.
5. Eckstein J. and Baumeister H. (Editors). Extreme Programming and Agile Processes in Software Engineering: 5th International Conference, XP 2004, Garmisch-Partenkirchen, Germany, June 6-10, 2004. 1st edition. Springer. 2004.
6. Jeffries R, Anderson A, Hendrickson C. Extreme Programming Installed. 1st edition. Addison-Wesley Professional. 2000.
7. Newkirk J.W. and Martin R.C. Extreme Programming in Practice. 1st edition. Prentice Hall. 2001.
8. Pressman, R. Ingeniería del Software. Un Enfoque Práctico. Sexta edición. Prentice-Hall. 2004.
9. Stephens M. Rosenberg D. Extreme Programming Refactored: The Case Against XP. 1st edition. Addison Press. 2003.
10. Wake W. Extreme Programming Explored. 1st edition. Addison-Wesley Professional. 2001.

Migra-T: Una Herramienta para Migrar Procedimientos Almacenados sobre Múltiples Motores de Base de Datos Relacionales Comerciales

Héctor Andrés Melgar Sasieta
Pontificia Universidad Católica del Perú,
Departamento e Ingeniería, Sección de
Ingeniería Informática
Lima, Perú, Lima 32
amelgar@pucp.edu.pe

Sofía Olga Luz Llona Lecca
Pontificia Universidad Católica del Perú,
Facultad de Ciencias e Ingeniería, Especialidad
de Ingeniería Informática
Lima, Perú, Lima 32
a20004004@pucp.edu.pe

ABSTRACT

In this article we present to Migrate, a tool for the migration of stored procedures, triggers and functions between different procedural languages. The main contributions that this tool offers are: i) the simplification and streamlining in the handling and execution of the process of migration by means of a semiautomatic and configurable conversion, II) the migration in two-way between diverse procedural languages through one environment, III) the creation, validation and compilation of procedures stored in a data base and IV) the storage in archives for its later use.

Keywords: Migra-T, Database, Metadata.

RESUMEN

En este artículo se presenta a Migra-T, una herramienta para la migración de procedimientos almacenados, disparadores y funciones entre diferentes lenguajes procedurales. Los principales aportes que ofrece esta herramienta son: i) la simplificación y agilización en el manejo y ejecución del proceso de migración mediante una conversión semi-automática y configurable, ii) la migración en dos direcciones entre diversos lenguajes procedurales a través de un único entorno, iii) la creación, validación y compilación de procedimientos almacenados en una base de datos y iv) el almacenamiento en archivos para su posterior uso.

Palabras claves: Migra-T, Bases de Datos, Metadatos.

1. INTRODUCCIÓN

Las aplicaciones desarrolladas para una determinada base de datos, por lo general no son fácilmente portables hacia orígenes de datos heterogéneos, especialmente cuando han sido construidas utilizando lenguajes propietarios de bases de datos como Oracle PL/SQL, MSSQL Server Transact-SQL, Sybase Transact – SQL, IBM DB2 SQL, entre otros. El proceso de migración de base de datos utilizando métodos convencionales es un recurso intensivo que requiere grandes equipos de desarrollo y el gasto de grandes horas-hombre en, migraciones tediosas con resultados en su mayoría impredecibles.

Desde hace algunos años atrás en la sección de Ingeniería Informática de nuestra universidad se viene desarrollando una línea de investigación aplicada en el Desarrollo de Herramientas de Productividad sobre Bases de Datos Relacionales, habiéndose desarrollado navegadores de objetos, administradores de objetos [7], optimizadores de bases de datos, herramientas de migración de datos [15], generadores de datos de prueba [16], modeladores [5], entre otros, siendo el común denominador el soporte a diversos SABDRs (Sistemas Administradores de Bases de Datos Relacionales) bajo un mismo entorno de trabajo de manera simultánea.

En este artículo se presenta a Migra-T como una herramienta que asistiendo en la gestión de migración de procedimientos almacenados hacia diferentes lenguajes procedurales, siendo las principales contribuciones: i) el desarrollo de un entorno único para la gestión de migración hacia múltiples lenguajes procedurales de manera simultánea, ii) el desarrollo de una arquitectura de software escalable a otros lenguajes procedurales.

Este trabajo se estructura en 7 secciones, las cuales son: introducción, características de la herramienta, arquitectura de software, aspectos de implementación, trabajos relacionados, trabajos futuros y conclusiones.

2. CARACTERÍSTICAS DE LA HERRAMIENTA

En esta sección se presentan las características generales de Migra-T. Para la obtención de las mismas se realizó primero un estudio de las herramientas existentes en el mercado a fin de presentar los requerimientos básicos necesarios, luego se diseñó una serie de características que no estaban soportadas en las herramientas evaluadas. A continuación se describe de manera general cada una de las características que ofrece Migra-T.

Creación de Conexiones

Migra-T permite realizar la conexión a uno o varias bases de datos de diferentes proveedores y almacenar en forma segura las propiedades y datos de las conexiones para que sean utilizadas en posteriores instancias de la aplicación.

Visualización de objetos

Migra-T permite la visualización de los objetos de bases de datos de cada conexión como: tablas, índices, vistas, procedimientos almacenados, funciones y disparadores. Todo esto soportado mediante un árbol de exploración.

Visualización de sentencias de creación de funciones, disparadores y procedimientos almacenados

Migra-T permite la opción de visualización de las sentencias de creación de cada objeto de base de datos, distinguiendo con diferente color las palabras reservadas en la sentencia de creación de un disparador, procedimiento almacenado y función.

Creación de funciones, disparadores y procedimientos almacenados

Migra-T presenta un editor de sentencias, para la creación de funciones, disparadores y procedimientos almacenados.

Migración de procedimientos almacenados de un manejador de bases de datos a otro distinto

Migra-T permite de una manera intuitiva y mediante un asistente la migración de procedimientos almacenados entre los manejadores Oracle y MSSQL (en ambos sentidos).

Validación de reglas para migración de funciones, disparadores y procedimientos almacenados de un manejador de bases de datos a otro distinto

En el proceso de migración se realiza la validación de las reglas sintácticas en la creación del objeto, realizando las equivalencias y conversiones según sea el caso y según las configuraciones realizadas.

Configuración de características de migración de funciones, disparadores y procedimientos almacenados

Migra-T permite configurar las características de migración para cada uno de los manejadores que debe seguirse durante el proceso de migración.

Generación de reportes en el proceso de migración

Migra-T, genera por cada proceso de migración reportes de información describiendo las características del proceso.

3. ARQUITECTURA DE SOFTWARE

En esta sección se presenta la arquitectura de software de la herramienta desarrollada, la cual está basada en 3 capas: i) capa de presentación, ii) capa de aplicación y iii) capa de datos. El uso de capas al modelar la arquitectura de software trae muchas ventajas entre ellas la independencia de la lógica y de la aplicación. Las capas definidas para Migra-T utilizan el patrón MVC Modelo (Model) Vista (View) Controlador (Controler) con las ventajas que este patrón ofrece. Los componentes han sido agrupados en paquetes ordenados de acuerdo a los criterios antes mencionados. En la figura 1 se presenta un esquema de la arquitectura de software de la herramienta desarrollada.

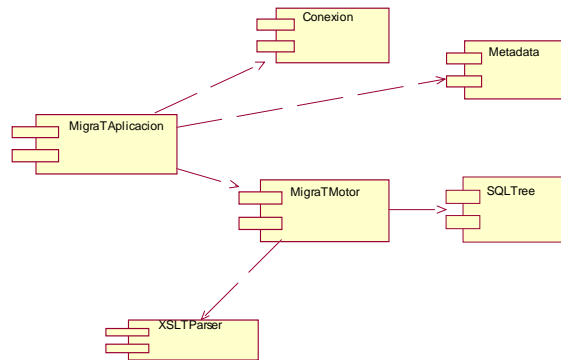


Figura1.- Diagrama de Componentes de Migra-T

La capa de presentación está formada básicamente por el navegador de objetos y por los asistentes que ayudarán al usuario en la gestión de los objetos de las bases de datos, en las conexiones a los manejadores, en el proceso de migración y personalización. El componente “Migra-TAplicación” de la capa de presentación está formado por los subcomponentes: i) asistente para realizar conexiones (para la carga de procedimientos en bases de datos y para la compilación), ii) el árbol de exploración, iii) asistente para la migración de procedimientos almacenados, iv) asistente para la migración personalizada (tipos de datos e identificadores)

El componente “Conexión” es aquel que se encarga de administrar las conexiones a los manejadores de bases de datos. Este componente soporta las operaciones de conexión a base de datos y la ejecución de sentencias SQL realizando esto de forma dependiente de los middleware de conexión a base de datos (JDBC), pero encapsulándose esta dependencia en este componente.

El componente “Migra-TMotor” está formado por los subcomponentes: i) PLSQLParser (componente que administra el parser y el analizador léxico para sentencias en lenguaje procedural PL/SQL) ii) TSQLParser (componente que administra el parser y el analizador léxico para sentencias en lenguaje procedural TSQL) y iii) traductor, componente que se encarga de administrar la migración y que se encarga de generar el flujo XML.

El componente “XSLT Parser” haciendo uso del motor Java-XSLT se encarga de aplicar las hojas de estilos al flujo XML generado en el componente “Migra-TMotor”. Instancia en la memoria el flujo XML y le aplica la hoja de estilo correspondiente retornando como salida la sentencia migrada al lenguaje procedural seleccionado.

Al realizar una conexión a una base de datos, la herramienta obtiene algunos datos del SABDR como: la lista de bases de datos, la lista de tablas, la lista de procedimientos almacenados, entre otros. Para realizar esta labor es necesario leer las estructuras en donde se almacena dicha información. A esta información se le conoce con el nombre de metadata y la correcta gestión en la recuperación de la metadata asegurará el buen funcionamiento de la herramienta. Es por este motivo que se crea un componente en la cual se encapsulará todas las rutinas que se encargan de la obtención y gestión de la metadata. En el diseño de esta herramienta se hizo uso del enfoque orientado a los objetos de los SABDR, tal como se puede apreciar en la figura 2.

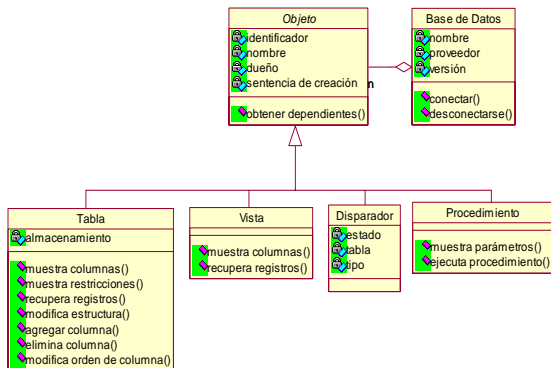


Figura2.- Modelado basado en los objetos de los SABDRs.

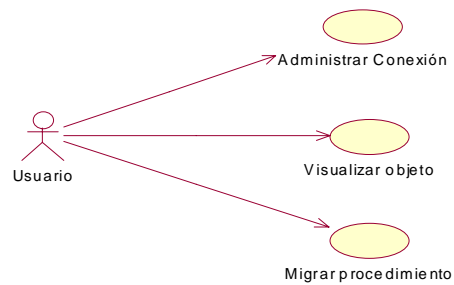


Figura3. Casos de uso de Migra-T

En la figura 3 se presentan los casos de usos definidos en la etapa de análisis. El usuario del sistema representa a los desarrolladores de software y/o a un administrador de base de datos pues son ellos quienes tienen la necesidad de migrar procedimientos almacenados de forma automatizada de un manejador de base de datos a otro, como parte del proceso de migración de objetos de una base de datos.

En la figura 4 se puede visualizar el modelo de clases empleado para el proceso de migración. Las clases presentadas se encuentran dentro del paquete Traductor. La clase Traductor es invocada por el componente “MotorMigra-T” para la gestión de migración, invocando así al respectivo Parser y analizador léxico para la obtención del flujo XML.

En la figura 5 se puede apreciar el diagrama de secuencias en para el proceso de Migración de Procedimientos Almacenados. Este ha sido diseñado usando el lenguaje de modelado UML.

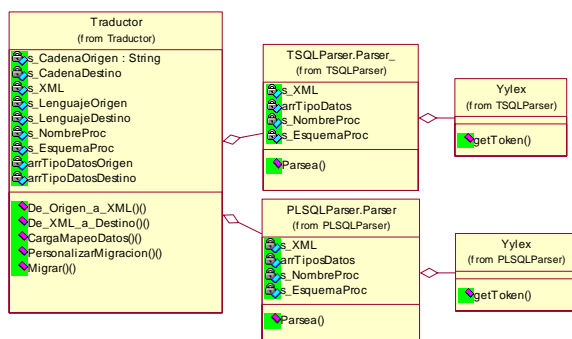


Figura4.- Diagrama de clases del paquete Traductor.

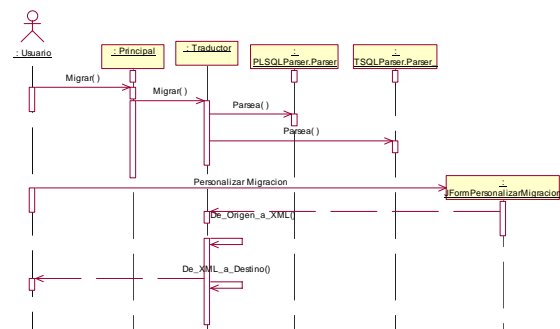


Figura5.- Diagrama de Secuencias correspondiente al Proceso de Migración.

4. ASPECTOS DE IMPLEMENTACIÓN

El desarrollo del producto fue realizado utilizando el paradigma OO (Orientado a Objetos) empleado en la implementación la tecnología Java, ofreciendo al producto características de multiplataforma, lo cual permitió que el producto sea efectivamente sometido a pruebas bajo 2 sistemas operativos diferentes: distribución GNU/Linux y Windows con arquitectura NT, así como también las amplias ventajas de trabajar bajo un esquema OO. La herramienta de desarrollo usada fue NETBEANS en su versión 3.6.

Para realizar las conexiones a los SABDRs se utilizó el API para la ejecución de operaciones sobre bases de datos desde el lenguaje JAVA JDBC (del acrónimo Java Database Connectivity)

Para la generación de los parsers se utilizó JavaCup (Java(tm) Based Constructor of Useful Parsers) [13]. JavaCup es un software para la generación de parsers a partir de especificaciones de la gramática de un lenguaje. Su uso es equivalente al reconocido metacompilador “yacc”. Como su nombre lo indica, está implementado en código Java. Utiliza especificaciones con código Java embebido y produce parsers implementados en dicho lenguaje. Como analizador léxico se hizo uso de “yylex” el cual identifica y divide en una cadena un conjunto de caracteres reconocidos como tokens. Esta herramienta de software facilita la construcción de analizadores lexicográficos pues genera estos en lenguaje Java a partir de la especificación de los tokens a identificarse.

Para el manejo y manipulación de datos XML se hizo uso de la librería JDOM v1.3 (de las siglas en ingles Java Document Object Model) por ser optimizado para Java.

Xalan-Java [14] se utilizó como motor XSLT para transformar documentos XML hacia documentos de tipo HTML, texto u otro XML. En la herramienta se usó el motor XSLT Xalan-Java y una hoja de estilo para transformar el flujo XML que describe la sentencia de entrada en un formato estándar en el lenguaje destino.

La herramienta está formada por un explorador de objetos en el cual se presentan: i) los tipos de conexiones que se pueden realizar, ii) las conexiones realizadas, iii) las bases de datos y iv) los objetos de bases de datos. El asistente de migración se invocará usando menús despegables o mediante la barra de herramientas. A continuación se presentan imágenes de las opciones más interesantes de Migra-T.

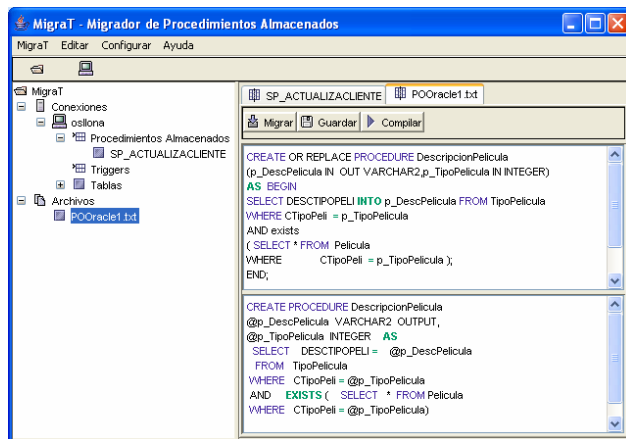


Figura6.- Vista principal de Migra-T



Figura7.- Gestión de Conexiones y Archivos.

En la figura 6 se observa la vista principal de Migra-T. En el lado izquierdo se puede distinguir el árbol de exploración desde el cual se puede invocar los asistentes y realizar todas las operaciones de gestión sobre los objetos de bases de datos y archivos.

En el panel izquierdo se puede apreciar los paneles de texto donde se pueden desplegar las sentencias a migrar y la salida del proceso de migración. Desde este panel se utiliza un barra de herramientas desde donde se pueden realizar las principales tareas de la herramienta i) migrar, que invoca al asistente de migración y al de personalización ii) guardar, que permite el almacenamiento del la salida del proceso de migración en un archivo plano (*.sql o *.txt) y iii) compilar, que permite crear y/o reemplazar la sentencia migrada a una base de datos que soporte el lenguaje procedural destino.

En la figura 7 se presenta el explorador de Migra-T en sus dos ramificaciones principales. Para la gestión del las conexiones y el de archivos. Las conexiones realizadas a la base de datos se gestionan de igual manera sin importar el SABDR al que se va a conectar. Migra-T permite la carga de archivos (*.sql, *.txt) conteniendo las sentencias a migrar.

Migra-T presenta un asistente para el proceso de migración, presentando los lenguajes destino habilitados para el lenguaje origen. Este asistente se puede apreciar en la figura 8.

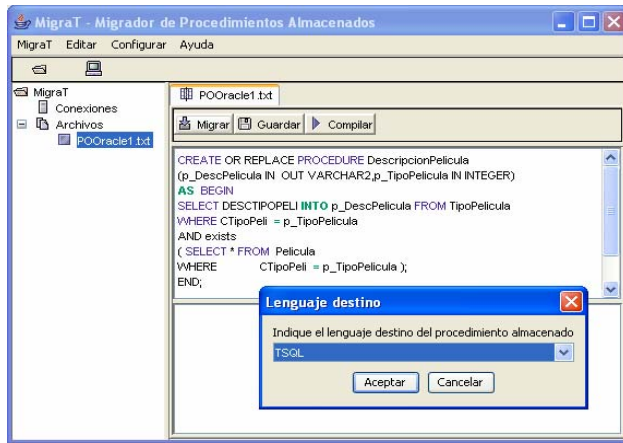


Figura8.- Proceso de Migración

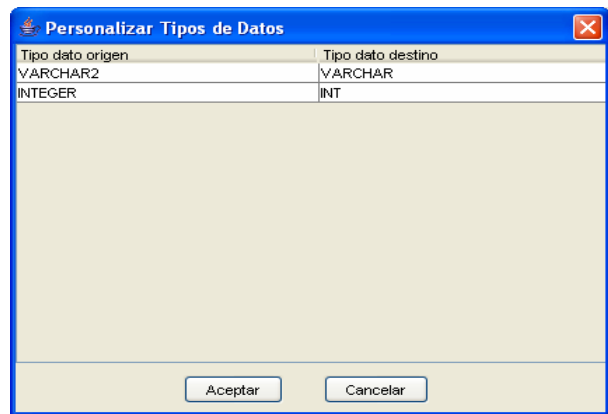


Figura9.- Personalización de Tipos de Datos.

Durante el proceso de migración, después de definir entre que lenguaje se realizará la migración se presenta el asistente de personalización. En la versión que se presenta de Migra-T se están “mapeando” los tipos de datos e identificadores encontrados en el flujo SQL origen los cuales mediante este asistente podrán ser personalizados. Por defecto se presenta los valores post-migración definidos por el motor pero estos pueden ser modificados. En la figura 9 se presenta un ejemplo de personalización de tipos de datos para una migración desde Oracle hacia Microsoft SQL Server. En la figura 10 se pueden apreciar un ejemplo de personalización de identificadores.

Posterior al proceso de migración, el flujo final puede ser almacenado en un archivo plano (*.sql o *.txt) o puede ser almacenado en un SABDR específico. El flujo destino requiere ser compilado y para lo cual es necesario establecer una conexión hacia la base de datos destino. En la figura 11 se puede apreciar este detalle.

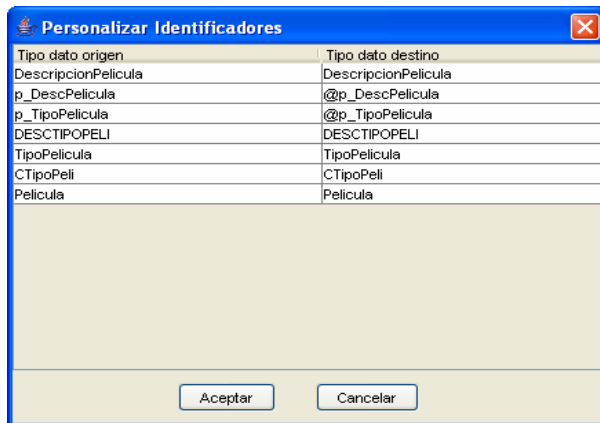


Figura10.- Personalización de Identificadores

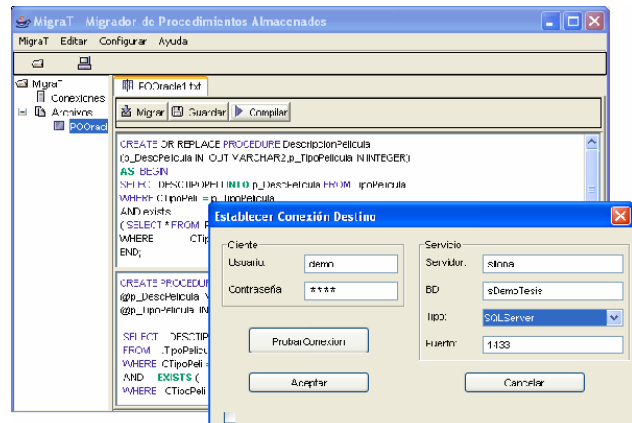


Figura11.- Proceso de Compilación – Almacenar el flujo migrado en una Base de Datos destino.

5. TRABAJOS RELACIONADOS

Algunos trabajos se han desarrollado teniendo en cuenta algunos aspectos mencionados en este artículo. La recuperación de la metadata ha sido usada en algunos trabajos y se han presentado metamodelos de metadata para bases de datos relacionales con el objetivo de generar aplicaciones automáticas basadas en bases de datos [8] [9] [20], En nuestro grupo, se ha implementado y analizado modelos para recuperar la metadata como se puede apreciar en [13] [14].

El uso del lenguaje XML como medio de almacenamiento del lenguaje intermedio posterior al proceso de traducción y el uso de plantillas u hojas de estilos XSLT para proceder con la migración al lenguaje final fue revisado previamente en una investigación de nuestro grupo como lo podemos ver en [4].

Muchos productos comerciales también han sido desarrollados en esta línea como los presentados en [9] [10] [11] [12].

6. TRABAJOS FUTUROS

Los equipos de desarrollo de software gastan gran cantidad de su tiempo en modelar, instalar y administrar estas bases de datos, siempre con la finalidad de obtener acceso a la información de manera rápida y segura. La labor del desarrollador de software se ve mejorada en la medida que las herramientas que utiliza contribuyan a ello.

Las aplicaciones desarrolladas para un Sistema Administrador de Bases de Datos Relacional no son fáciles de portar hacia otra base de datos, especialmente cuando han sido construidas utilizando lenguajes propietarios de bases de datos como Oracle PL/SQL, MSSQL Server Transact-SQL, Sybase Transact – SQL, IBM DB2 SQL entre otros. El proceso de migración entre base de datos utilizando métodos convencionales es un recurso intensivo que requiere grandes equipos de desarrollo y el gasto de grandes horas-hombre, migraciones tediosas con resultados impredecibles.

La implementación de esta herramienta sigue una línea de trabajo en el desarrollo de herramientas que asistan en la gestión de tareas con bases de datos relacionales. La gestión del proceso de migración posibilita un amplio campo de desarrollo de herramientas de productividad que se enfoquen en esta tarea, se podrían implementar herramientas que ayuden en la migración de bases de datos entre manejadores de diferentes proveedores.

Un campo interesante es el desarrollo de este proyecto es la generación de un lenguaje intermedio para la gestión de la migración de las sentencias, abriendo una campo amplio para el desarrollo de modelos genéricos de procedimientos almacenados, vistas y sentencias SQL, lo que permitiría realizar transformaciones entre diversos SABDRs.

Una versión Web de esta herramienta sería una opción interesante para organizaciones quienes a través de un navegador sobre Internet ejecutaría el entorno mencionado.

En la versión presentada se permite realizar conexiones a 2 SABDRs, se espera que en un futuro se agreguen el soporte a i) las versiones actuales de los SABDRs soportados como Microsoft SQL Server 2000 y Oracle 10g, ii) añadir nuevos SABDRs como MySQL, PostgreSQL, DB2, entre otros.

Se puede aprovechar la arquitectura de software empleada para soportar la adición de gramáticas de diversos lenguajes procedurales, implementando los componentes correspondientes para la gestión de parseo o traducción.

7. CONCLUSIONES

Respecto a compiladores y analizadores sintácticos, el mejor camino (a menos que lo que se requiera parsear sea muy simple) es utilizar un generador de parsers. Un ejemplo de este tipo de herramientas es el reconocido lex/yacc on Unix systems, en base al cual han sido generados en la actualidad modernas herramientas en diversos lenguajes como lo son JavaCC, JavaCup, etc.

Para el desarrollo de una herramienta de este tipo se debe considerar:

- Escribir una gramática (el input para la herramienta que describe la sintaxis). La herramienta utilizará la gramática para generar el código fuente de un parser.
- Diseñar y codificar las clases que representarán el “parser tree”, para el caso de los lenguajes procedurales de base de datos se considera las sentencias DDL y DML.
- Diseñar la representación del lenguaje SQL a través de nodos en lenguaje XML.

Así, al utilizar la herramienta, el motor realizará internamente los siguientes pasos:

- Verificación de la sentencia recibida, esta debe cumplir on las reglas de gramática especificadas. Cada sentencia SQL identificada se representará en memoria como a través de clases (generación del “parse tree”)
- Generación, a partir del parse tree, de una representación intermedia en lenguaje XML.

- Traducir el código XML obtenido mediante la utilización de un motor XSLT haciendo uso de una plantilla XSLT para cada lenguaje destino.

Dada la marcada definición de los pasos para la generación de un parser (back end y front end), el aumento creciente de uso de xml e incremento de lenguajes para la programación de procedimientos almacenados, el diseño de Migra-T lo perfila como un traductor de lenguaje procedural extendido de ANSI SQL hacia diferentes lenguajes procedurales.

Es necesario reconocer que no todas las sentencias podrán tener un significado equivalente en otros lenguajes destino, se debe identificar las sentencias que definitivamente no podrán ser migradas para que el usuario defina como representarlas o sugerir una representación alternativa de la misma, que cumpla con una funcionalidad parcial o equivalente.

REFERENCIAS

11. Alagic, S. and P.A. Bernstein, "A Model Theory for Generic Schema Management". 8th INTERNATIONAL WORKSHOP ON DATABASES AND PROGRAMMING LANGUAGES. DBPL-2001.
12. ANSI/ISO/IEC International Standard (IS). Database Language SQL –Part 1: SQL Framework. (Septiembre 1999).
13. ANSI/ISO/IEC International Standard (IS). Database Language SQL – Part 2: SQL Foundation. (Septiembre 1999).
14. Tema de Tesis para optar el título de Ingeniero Informático. Alumno: Carla Basurto Figueroa. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Pontificia Universidad Católica del Perú.
15. Tema de Tesis para optar el título de Ingeniero Informático. Alumno: Fanny De La Cruz Belleza. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Pontificia Universidad Católica del Perú
16. Melgar S. Andrés. "Navegador de Objetos de Múltiples Bases de Datos Relacionales". Tesis para optar por el título de Ingeniero Informático. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2002.
17. Melgar S. Andrés. "Navegador de Objetos de Múltiples Bases de Datos Relacionales". Tesis para optar por el título de Ingeniero Informático. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2002.
18. Quest Software. <http://www.quest.com/> [última visita el 2006-02-22]
19. Adventnet Swiss SQL. <http://www.swissql.com> [última visita el 2006-03-15]
20. Realsoftstudio INC. <http://www.realsoftstudio.net> [última visita el 2005-12-21]
21. SQLWays : Herramienta para la migración de base de datos. <http://www.ispirer.com> [última visita el 2005-12-20]
22. Oracle Migration Workbench. <http://www.oracle.com> [última visita el 2004-11-10]
23. CUP Parser Generator for Java. <http://www.cs.princeton.edu/~appel/modern/java/CUP/>
24. The Apache XML Project. <http://xml.apache.org/xalan-j/> [última visita el 2006-01-20]
25. Zapata D. Claudia. "Sistema de Apoyo a la Gestión de Replicación de Datos de Diferentes Manejadores de Bases de Datos Relacionales". Tesis para optar por el título de Ingeniero Informático. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2003.
26. [16] Meléndez Ll. Karin. "Sistema Generador de Datos Basados en Reglas". Tesis para optar por el título de Ingeniero Informático. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2003.

Calidad de Productos de Software: Un estado del arte de la medición

Oswaldo Gómez, Hanna Oktaba
Universidad Nacional Autónoma de México,
Posgrado en Ciencias e Ingeniería de la
Computación,
México D.F., México, 04510
{oswaldog,ho}@uxmcc2.iimas.unam.mx

Mario Piattini, Félix García
Universidad de Castilla-La Mancha,
Departamento de Ciencias de la Computación,
Ciudad Real, España, 13071
{Mario.Piattini, Felix.Garcia}@uclm.es

ABSTRACT

It is a fact that software quality is one of the main company's objectives. Since quality is a critical factor of success in a very competitive market. Hence, software quality really constitutes a culture that affects all organizations. Quality is a systematic activity focuses on properties and characteristics of products and services. Therefore, it is necessary to establish methods, which assist us validating if such properties and characteristics are fulfilling our quality objectives. Software measures help us to reach that objective. Since software measures are useful for understanding, evaluating, improving and controlling software process and products. In this article we shall focus on products' software measurements. Based on a systematic review, we will show the attributes and entities that are measured nowadays, the measurements bias and how software measures support us in our quality assurance.

Keywords: Measures, quality, software products

RESUMEN

La calidad de Software es hoy en día uno de los principales objetivos de las empresas, porque es un factor crítico de éxito en un mercado muy competitivo; por lo tanto, la calidad realmente constituye una cultura que afecta a todas las organizaciones. La calidad es una actividad sistemática que se enfoca en propiedades y características de un producto o servicio. Así que es necesario establecer métodos que nos asistan en validar si tales características y propiedades cumplen con nuestros objetivos de calidad; las mediciones nos ayudan a alcanzar tal fin, ya que nos sirven para entender, evaluar, mejorar y controlar los productos y procesos de software. En este artículo nos enfocaremos en las mediciones para productos. Partiendo de una revisión sistemática, mostraremos los principales atributos y entidades que se miden actualmente, las tendencias de medición y como las medidas del software apoyan el aseguramiento de calidad.

Palabras claves: Medición, Calidad, Producto de Software

1. INTRODUCCIÓN

El software ha tenido numerosos problemas relacionados con cancelaciones de proyectos, retardos en las entregas, altos costes, insatisfacción del cliente, etc. Para cambiar esta situación, las organizaciones han tendido a mejorar la calidad de sus productos y servicios; por estas razones, la calidad de software ha ido evolucionando de sólo concentrarse en detectar errores a constituir toda una disciplina, una estrategia, una política y una cultura que rige la supervivencia de las empresas en un mercado extremadamente competitivo, como lo es la industria del software. Por lo tanto, el desarrollo de

sistemas informáticos debe ser más eficiente y la calidad de los productos debe ser alta, para satisfacer los requisitos del cliente de tal manera que se asegure el éxito.

El software tanto en su desarrollo como en su aplicación, conlleva una serie de requisitos de calidad que aseguran un funcionamiento consistente, para realizar lo que el cliente solicitó, pudiéndolo usar de manera natural, por estos motivos, las mediciones juegan un papel crítico en la calidad de los procesos y productos de sistemas informáticos, porque proveen de bases científicas a la ingeniería del software, convirtiéndola, poco a poco, en una verdadera disciplina de la ingeniería [24]. Actualmente las medidas han probado ser muy útiles para entender, evaluar y controlar tanto los atributos como las propiedades de los productos y procesos de software, permitiéndonos detectar oportunidades de mejora, entender que ocurre durante el desarrollo y el mantenimiento de los proyectos [20], optimizar los procesos y productos del software [9], desde una perspectiva de evaluación, seguimiento y predicción para soportar mejores decisiones [8], mostrando áreas problemáticas en la calidad de sistemas y más aún, nos ayudan a institucionalizar la mejora de proceso de software.

Este artículo se centra principalmente en medidas de software para productos, así que se realizó una revisión sistemática de literatura, con el fin de encontrar medidas, saber las tendencias de las mismas y, reconocer que atributos se han estado midiendo de los productos de software. Después de esta introducción, procederemos, en la siguiente sección, a explicar de manera muy breve los pasos seguidos en la revisión sistemática. Posteriormente, mostraremos los resultados obtenidos de dicha revisión para finalizar con las conclusiones y trabajos futuros.

2. REVISIÓN SISTEMÁTICA DE MEDICIONES

Primero que nada, debemos mencionar que nuestra *revisión sistemática* fue ejecutada siguiendo la propuesta de [15] y se propuso dar respuesta a la siguiente pregunta fundamental: ¿Cuáles son las mediciones más actuales y usadas en la literatura? Nuestro *protocolo de búsqueda* se desarrolló entorno a esta pregunta.

Una vez establecida la pregunta principal, realizamos las búsquedas con todas las combinaciones posibles de las siguientes cadenas: “(measure OR metric OR quality OR quantitative) AND (process OR engineering OR maintenance OR management OR improvement OR Software testing OR development)”, en los motores de búsqueda de las siguientes fuentes: ACM Digital Library, Search IEEE magazines, Wiley Interscience, and Science@Direct. Los resultados de la búsqueda en Internet son mostrados en la Tabla 1.

Fuentes	Resultados de Búsquedas	Revisados	Aceptados
Science@Direct	3569	78	10
ACM	950	85	28
IEEE	3740	111	32
Wiley	653	20	8
TOTAL	8912	294	78

Tabla 1. Resultados totales de Búsqueda

Como se puede apreciar en la Tabla 1, se obtuvo una cantidad considerable de resultados, pero extremadamente muy pocos de ellos se aceptaron, aproximadamente menos del 1%, esto se debe a que nuestros filtros de búsqueda no fueron muy restrictivos, lo cual nos dio la ventaja de no perder posibles estudios importantes. Por otra parte, nuestro *criterio de calidad* confió en las fuentes escogidas porque son serias, comprometidas con la calidad de sus artículos y fueron avaladas por expertos. De acuerdo con el *criterio de Inclusión y Exclusión* definido en nuestro *Protocolo de Revisión*, se aceptaron todos los artículos relacionados con mediciones para el desarrollo, mantenimiento, administración y gestión proyectos de software que contuvieran las cadenas de búsqueda en el título, las palabras claves y, en algunos casos, en todo el documento.

Posteriormente se realizaron *extracciones objetivas y subjetivas* de la información contenida en los estudios, dichas extracciones de datos fueron realizadas elaborando una plantilla de extracción, con el fin de documentar los resultados de este proceso, siguiendo la propuesta de [25] que se muestran en la Tabla 2.

Resultados de la Extracción Objetiva	
Identificación del estudio	
Nombre	
Autor	
Institución	
Revista	
Fecha	
Metodología del Estudio	
Resultados del Estudio	
Problema del Estudio	
Resultados de la extracción subjetiva	
Información por los autores	
Resúmenes e impresiones generales	

Tabla 2: Plantilla para la extracción subjetiva y objetiva de los datos.

Por la gran cantidad de tópicos encontrados y por nuestro propósito de resumir la información de la mejor manera posible, nos basamos en los conceptos definidos en la *Ontología de Medición de Software* propuesta en [10], que tiene como objetivo contribuir a la armonización de las diferentes medidas de software y estándares, proveyendo un grupo coherente de conceptos comunes usados en la medición del software. Así que, apoyados por dicha ontología, elaboramos una plantilla para clasificar la información extraída de las siguientes tres formas: “Qué se mide”, “Cómo se mide” y “Cuándo se mide”.

Para definir “Qué se mide”, la ISO 15504 [13], CMM [22] y CMMI [5] proponen marcos de calidad para mejorar los niveles de madurez del proceso de desarrollo de software, definiendo como entidades a ser medidas, para alcanzar tal fin, al *Proyecto*, al *Proceso* y al *Producto*. Por lo que extrajimos las características medidas de dichas entidades y las clasificamos en atributos y subatributos [9] internos y externos (Tabla 2). Cabe destacar aquí, que este trabajo en particular se enfocará únicamente en las mediciones de los Productos y su impacto en la calidad del software.

Qué se mide						
Entidades			Atributos	Subatributos	Tipo de Atributo	
Proyecto	Proceso	Producto			Interno	Externo

Tabla 2. Definición de entidades

Una vez que descubrimos que se mide, procedimos a analizar el punto de “Cómo se mide”, clasificando las mediciones extraídas de los artículos en términos de las siguientes características: Representación, descripción, medida base, derivada o indicadores [9,10,12], escala [9,24] y validación empírica [1,14,19,29] o teórica [3,21,27,28,30]. La Tabla 3 resume esto.

Cómo se mide					
Representación	Descripción	Medición		Escala	Validación
		Básica	Derivada		

Table 3: Definition of measure attributes

Finalmente analizamos “Cuándo se mide”, utilizando el ciclo de vida de software en cascada, para mostrar la cantidad de medidas contenidas en las fases del mismo. Escogimos el ciclo de vida en cascada dada su genericidad, a la hora de clasificar las medidas que se obtienen en cada fase, de forma que esta clasificación no fuera dependiente de una metodología concreta de desarrollo y/o mantenimiento.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con esta revisión sistemática, pudimos observar que la entidad más medida es el producto software, ya que las medidas del producto se centran en su calidad y en aspectos técnicos, de los cuales se tienen atributos mejor definidos que en el proceso y en el proyecto, además las medidas de producto constituyen la base para las medidas de estas dos entidades. Por otra parte, debemos destacar que las mediciones para producto son mayores debido a que la calidad tuvo un fuerte enfoque en el producto desde sus comienzos y, posteriormente, se ocupó del proceso.

También analizamos la cantidad de medidas hechas a los atributos encontrados en los artículos seleccionados. El tamaño es uno de los atributos más medidos, no sólo porque es una medición básica usada en la mayoría de las mediciones derivadas enfocadas, principalmente, al control de proyectos y la estimación de defectos, si no también porque una vez medido el tamaño, podemos medir el tiempo del desarrollo de sistemas y, una vez calculado el tiempo, podemos hacer la estimación del costo, por lo que el tamaño constituye la base de la mayoría de las mediciones de control.

Por otra parte, hemos encontrado que la complejidad [18,11], se ha usado en varios contextos, por ejemplo: en el diseño, arquitectura, código fuente, diagramas de UML, etc., por lo tanto, podemos ver en la Figura 2, que este atributo fue otro de los que acumuló una gran cantidad de mediciones de sus diferentes aplicaciones. También, pudimos observar que existen mediciones de atributos tanto para la programación Orientada a Objetos (OO) [4,16,17] como para la programación WEB[6], por lo que existe una gran cantidad de medidas para estos dos enfoques de programación.

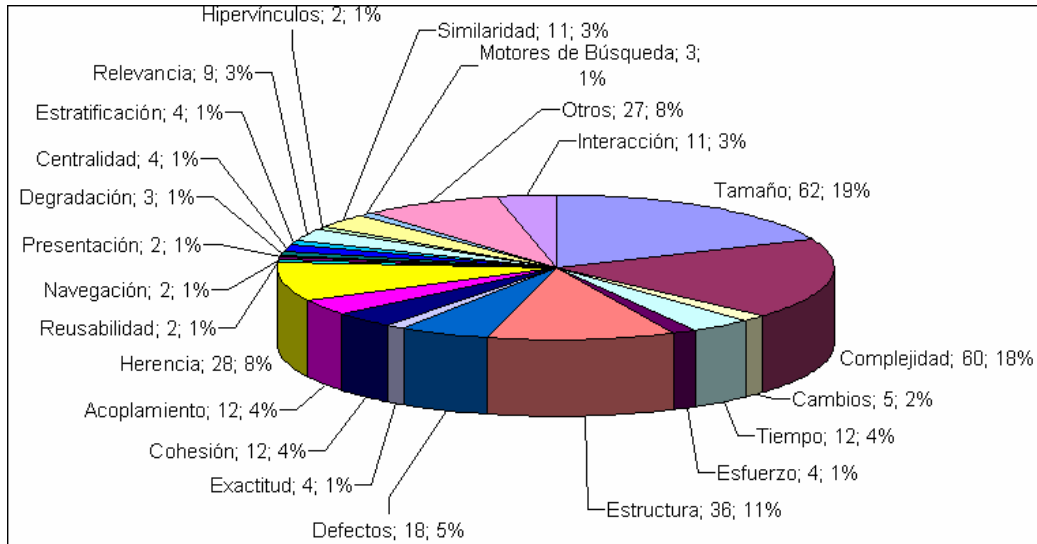


Figura 2. Atributos medidos

Ahora, debemos señalar que las medidas relacionadas con la calidad del producto, abarcaron la estimación de defectos, errores encontrados en alguna fase del ciclo de vida del software, efectividad en la detección de errores, densidad de fallos, estimación de la confiabilidad y defectos en ejecución durante las pruebas; evaluando, principalmente, los siguientes atributos de calidad: seguridad, portabilidad, manejabilidad, robustez, usabilidad y desempeño [24]. De lo anteriormente dicho, podemos deducir que contar defectos es la técnica más aplicada y aceptada para determinar la calidad del software.

Continuando con el análisis de los atributos más medidos, en este punto, nos enfocaremos en unos de los aspectos más importantes de la medición concerniente a la validación. El objetivo de las validaciones teóricas es verificar si la idea intuitiva de los atributos a medir es considerada en la definición de la medición y, por otra parte, el objetivo de la validación empírica, es obtener información objetiva concerniente a la utilidad de las mediciones propuestas. La validación teórica por sí misma no es suficiente para garantizar la utilidad de una medición, ya que puede ocurrir que una medida tenga una validación teórica, pero que no tenga una relevancia práctica en relación con un problema especificado. Por lo tanto, en la Figura 2, podemos observar que la mayoría de las mediciones tienen validaciones empíricas o ambas.

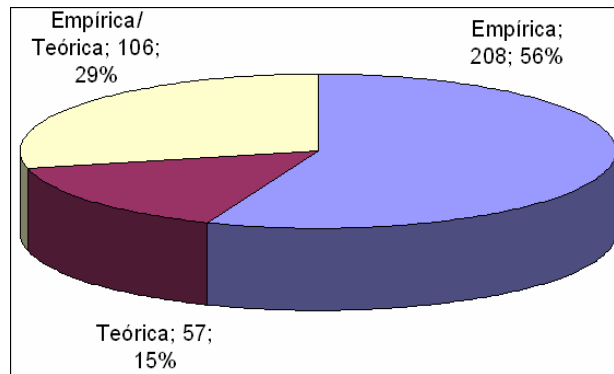


Figura 2. Proporción de validaciones a las mediciones.

Otro punto a tratar en este trabajo, se refiere a las mediciones en función al enfoque de programación y de medición en que se han usado. Las medidas más representativas de los modelos conceptuales [23] encontradas fueron para los modelos de Bases de Datos Relacionales, para diagramas de Clases, de Casos de Uso y de Estados del Lenguaje de Modelado Unificado (UML) [17]. También descubrimos que la gran popularidad de los proyectos OO [4,16,17], se refleja en la cantidad de medidas hechas en ese campo, ya que representa casi la mitad de las existentes en la literatura

actual, además las medidas de tamaño funcional como los Puntos de Función (FP) propuestos por la IFPUG [12], los Objetos Función para el paradigma Orientado a Objetos y usados en el modelo de estimación COCOMO II [2] o los Puntos de Función Totales (FPF) elaborados por COSMIC[7], han tenido gran aceptación para las estimaciones de tamaño de sistemas y consecuentemente han constituido la base para la estimación de costos y calendarios para varias organizaciones.

Un aspecto importante encontrado en esta revisión, es el esfuerzo por lograr una definición más universal de las mediciones para sistemas Web [6], estableciendo marcos de referencia y modelos para clasificar las medias en este campo, ya que las aplicaciones Web, son generalmente consideradas entre las más difíciles de construir, tanto en costo como en tamaño, por estos motivos, las mediciones para ese campo abarcan casi la cuarta parte del total.

Para concluir con esta parte del análisis, nosotros agrupamos dentro del paradigma imperativo, aquellas medidas de atributos referentes a la estructura de un programa, que pudieran ser utilizadas en cualquier paradigma de programación y que no se especializan en alguno en particular, ya que el paradigma imperativo hace uso de la secuencia, selección e iteración para escribir programas, siendo estos aspectos muy generales y, por lo tanto muy usados, como consecuencia este tipo de medidas ocupan un 22 % del total de las encontradas en esta revisión. La Figura 3 resume esta parte del análisis.

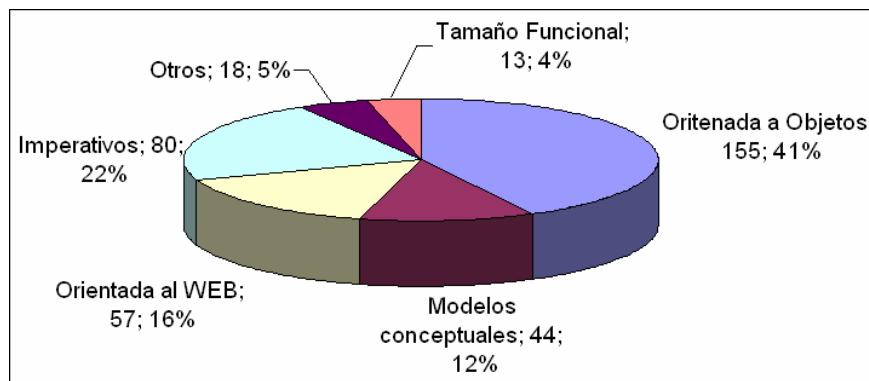


Figura 3. Mediciones y enfoques de programación.

Finalmente, analizaremos “Cuándo se mide”. Debemos resaltar, de la Figura 4, que en la fase de diseño, productos tales como la arquitectura, el diseño del sistema, el análisis de requisitos etc., son generados y constituyen lo que será el sistema de software, por lo tanto, es necesario que, en esta fase, se realicen mediciones que nos ayuden a conocer características de dichos productos. Por otra parte, se debe destacar que productos tales como manuales, código fuente, el sistema en sí y la mayor parte de los productos del software son generados en la fase de desarrollo, siendo posible recolectar información cuantitativa de los mismos, por lo que esta fase es también una de las más medidas. Además, de acuerdo a PSP [26], mediciones como el tamaño, tiempo y defectos son comúnmente recolectados en esta fase.

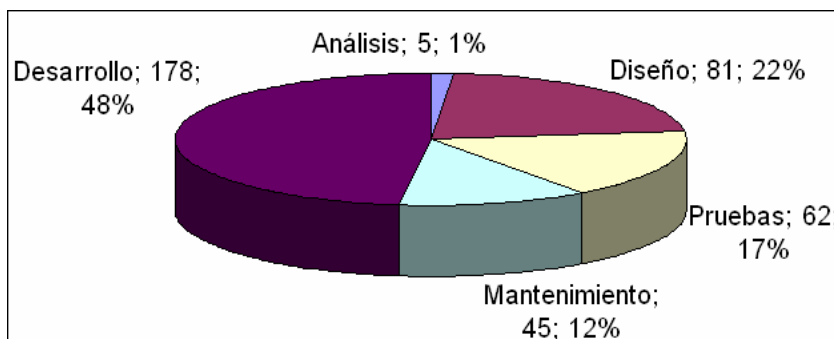


Figura 4. Mediciones de las fases del ciclo de vida

La calidad es uno de los puntos más importantes para el control dentro de la administración de un proyecto, porque nos ayudan a validar si nuestros productos de software cumplen con los requisitos establecidos, dichos requisitos deben ser

especificados numéricamente [8], La calidad no sólo se considera en la fase de pruebas, si no en todo el proceso de desarrollo, ya que los orígenes de las fallas se pueden encontrar, incluso en la fase de diseño. Además, basados en reportes de fallos durante todo el proceso, las mediciones determina la validez de las predicciones de calidad; como resultado de esto, se pueden determinar defectos en módulos y tasas de error durante la fase de pruebas. Resulta más rápido y barato concentrar el esfuerzo de buscar defectos durante las primeras fases del desarrollo, detectar y corregirlos lo más pronto posible en el ciclo de vida del software, particularmente en esta revisión hemos encontrado que medidas de calidad son recolectadas principalmente en la fase de diseño y de Desarrollo.

4. CONCLUSIONES

La percepción de la calidad es uno de los factores con mayor influencia para las compañías, ya que siempre se enfrentan con el dilema de sostener una relación con el cliente en la que, por entregar a tiempo un producto de software con mala calidad, arruinan su reputación o, inútilmente, gastan una gran cantidad de tiempo extra -con los costos asociados- para mejorar la calidad del producto de software a un nivel que nadie quiere pagar. El óptimo estado es uno intermedio, esto significa alcanzar un nivel correcto de calidad y tiempo de entrega, lo que implica conocer continuamente qué representa realmente este nivel de calidad.

Las mediciones del software son totalmente imprescindibles para establecer el nivel correcto de calidad antes mencionado, ya que nos apoyan en el control de proyecto, la evaluación, la mejora y el mantenimiento de los productos y procesos del software, desde una perspectiva de seguimiento y predicción. Las medidas nos ayudan a tomar mejores decisiones, también cabe destacar aquí que existe una fuerte tendencia, en la literatura actual, por obtener información objetiva concerniente a la utilidad de dichas mediciones, es decir, a validarlas empíricamente y, de esta manera, dar una garantía para alcanzar el equilibrio antes mencionado.

En este estudio nos percatamos que el tamaño, es una de las medias básicas más importantes dentro del desarrollo de productos de software, porque una vez medido el tamaño, podemos medir el tiempo del desarrollo de sistemas y, una vez calculado el tiempo, podemos hacer la estimación del costo. Por otra parte, aproximaciones metodológicas, han enfatizado que el primer paso es reconocer que todos los requisitos de calidad pueden y deben ser especificados numéricamente, esto significa que se deben cuantificar atributos tales como la seguridad, la portabilidad, la adaptabilidad, la mantenibilidad, la robustez, la usabilidad, la confiabilidad y el desempeño.

La calidad no sólo se considera en la fase de pruebas, si no en todo el proceso de desarrollo. Buscando defectos desde las fases tempranas de ciclo de vida del proyecto. En la fase de diseño se generan productos que constituyen lo que será el sistema de software, por otra parte, la mayor cantidad de los artefactos son generados en la fase de desarrollo, por lo tanto, en estas dos fases resultaron tener también una buena cantidad mediciones, que ayudan a conocer características de sus productos, siendo el conteo de defectos y la confiabilidad las mediciones más aplicadas y aceptadas para determinar la calidad de los mismos.

Finalmente debemos resaltar que existe una fuerte tendencia a medir proyectos OO y proyectos Web, ya que esta clase de proyectos son hoy en día los más populares en el mercado, por lo que se han realizado esfuerzos para lograr una definición más universal de sus mediciones y, por consiguiente, de sus características de calidad, estableciendo marcos de referencia y modelos para clasificar las medias en este campo.

REFERENCIAS

- [1] Basili V.y Weiss D., “A Methodology for Collecting Valid Software Engineering Data.”, *IEEE Transactions on Software Engineering*. (1984), 10, pp. 728-738.
- [2] Boehm, B., Abts, C., Brown, A.W., Chulani, S., Clark, B.K., Horowitz, E., Madachy, R., Reifer, D. and Steece, B. (2000). *Software Cost Estimation with COCOMO II*. Prentice-Hall, (Julio, 2000).
- [3] Briand L., Morasca S. and Basili V., “Property-Based Software Engineering Measurement”, *IEEE Transactions on Software Engineering*. 22(1), pp. 68-86, (1996).
- [4] Chidamber S. and Kemerer C., “A Metrics Suite for Object Oriented Design”, *IEEE Transactions on Software Engineering*. 20(6), pp. 476-493, (1994).
- [5] Chrissis M. B., Konrad M. Shrum Sandy, *CMMI®: Guidelines for Process Integration and Product Improvement*, Addison-Wesley, 1st Edition, Carnegie Mellon Software Engineering Institute, USA, (2003).

- [6] Calero, C., Ruiz, J., Piattini, M., 2005, Classifying web metrics using the web quality model. *Online Information Review*. Vol 29 No 3, pp. 227-248
- [7] COSMIC. *COSMIC Measurement Manual*. The COSMIC Implementation Guide for ISO/IEC 19761:2003, (2003).
- [8] Ebert C., Dumke R., Bundschuh M., Schmietendorf A., *Best Practices in Software Measurement How to use metrics to improve project and process performance*, 295 Seiten-Springer 1st Edition, Berlin, (2004).
- [9] Fenton N. and Pfleeger S. L., *Software Metrics: A Rigorous & Practical Approach*, PWS Publishing Company, Second Edition, (1997).
- [10] García F., Bertoa M. F., Calero C., Vallecillo A., Ruíz F., Piattini M., Genero M., “Towards a consistent terminology for software measurement”, *Information and Software Technology*. xx, pp. 1-14, (2005).
- [11] Henry S. and S. Kafura, “Software Structure Metrics Based on Information Flow”, *IEEE Transactions on Software Engineering*. 7(5), pp. 510-518, (1981).
- [12] IFPUG, *IFPUG: Function Point Counting Practices Manual, Release 4.2*. International Function Point Users Group, USA –IFPUG, Mequon, Wisconsin, USA, (2004).
- [13] ISO/IEC 15504-2:2003, *Software engineering — Process assessment — Performing an assessment*, International Organization for Standardization, Geneva, (2001).
- [14] Juristo N. and Moreno A., *Basics of Software Engineering Experimentation*, Kluwer Academic Publishers, (2001).
- [15] Kitchenham B., *Procedures for Performing Systematic Reviews*, Joint Technical Report, Software Engineering Group, Department of Computer Science Keele University, United King and Empirical Software Engineering, National ICT Australia Ltd, Australia, pp. 1-28, (2004).
- [16] Lorenz M., y Kidd J., *Object-Oriented Software Metrics: A Practical Guide*, Prentice Hall, Nueva Jersey, USA, (1994).
- [17] Marchesi M., “OOA Metrics for the Unified Modeling Language”, *2nd Euromicro Conference on Software Maintenance and Reengineering*, pp. 67-73, (1998).
- [18] McCabe T., “A Software Complexity Measure”, *IEEE Transactions on Software Engineering*, 2, pp. 308-320, (1976).
- [19] Perry D., Porte A. and Votta L., *Empirical Studies of Software Engineering: A Roadmap. Future of Software Engineering*, Ed. Anthony Finkelstein, ACM, pp. 345-355, (2000).
- [20] Piattini M. y García F., *Calidad en el desarrollo y mantenimiento de software*, Ra-Ma, Spain, 1st Edition, (2003).
- [21] Poels G. y Dedene G., Distance-based software measurement: necessary and sufficient properties for software measures. *Information and Software Technology*, 42(1), pp. 35-46. (2000).
- [22] Raynus J., *Software Process Improvement with CMM*, Artech House, USA, 1st Edition, (1999).
- [23] Reynoso L., Genero M. y Piattini M., Measuring OCL Expressions: An Approach Based on Cognitive Techniques, Chapter 5 in “Metrics for Software Conceptual Models”, (Eds. Genero M., Piattini M. and Calero C.). Imperial College Press, UK. (2004).
- [24] Stephen H. K., *Metric and Models in Software Quality Engineering*, Addison-Wesley 2nd Edition, Boston, USA (2002)
- [25] Travassos G. H., Boilchi, J., Mian , P. G., Natali, A. C. C., *Systematic Review in Software Engineering*. Technical Report Programa de Engenharia de Sistemas e Computação PESC, Systems Engineering and Computer Science Department COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, pp. 1-30. (2005).
- [26] Watts S. Humphrey *PSP A Self-Improvement Process for Software Engineers*, Addison-Wesley, (2005).
- [27] Weyuker E., “Evaluating Software Complexity Measures”, *IEEE Transactions on Software Engineering*. 14(9), pp. 1357-1365, (1988).
- [28] Whitmire S., *Object Oriented Design Measurement*, John Wiley & Sons, Inc, (1997).
- [29] Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlson, M., Regnell, B. y Wesslén, A., 2000. *Experimentation in Software Engineering: An Introduction*. Kluwer Academic Publishers.
- [30] Zuse H., *A Framework of Software Measurement*, Berlin. Walter de Gruy, (1998).

Incorporación de medidas en el modelo de procesos para la industria de software MoProSoft

Oswaldo Gómez, Hanna Oktaba

Universidad Nacional Autónoma de México,
Posgrado en Ciencias e Ingeniería de la
Computación,
México D.F., México, 04510
{oswaldog,ho}@uxmcc2.iimas.unam.mx

Mario Piattini, Félix García

Universidad de Castilla-La Mancha,
Departamento de Ciencias de la Computación,
Ciudad Real, España, 13071
{Mario.Piattini, Felix.Garcia}@uclm.es

ABSTRACT

Software Engineering gives a great importance to measurement due to software measures support decisions by understanding, evaluating, improving and controlling projects, products and process of the informatics systems. The Process Model NMX-I-059 MoProSoft promotes the standardization of processes in small and medium companies, by incorporating the best practices in Management and Software Engineering, with the purpose of improving their capacity to offer quality services. MoProSoft suggests measures but it does not define how to obtain measures yet. Our goal is to complement the Norm with a basic and general set of measures. To reach such goal we have done a systematic review on literature by searching and selecting software measurements, which resolve information needs in different organization levels. Management Project measures are focused on portfolio management. Management Specific Projects use cost, time and quality measures for project's control. In Software Development and Maintenance time, effort and product measures are significant for development. Moreover, we specified where the measures must be taken through the process phases described in MoProSoft. Finally, every measure depends on process repeatability to avoid inconsistent results.

Keywords: Software Measures, Process Model, MoProSoft

RESUMEN

La Ingeniería de Software atribuye gran importancia a las mediciones, porque ayudan a tomar decisiones, entendiendo, evaluando, mejorando y controlando los proyectos, productos y procesos del desarrollo de software. El modelo de Procesos NMX-I-059 MoProSoft, fomenta la estandarización de los proceso en la pequeña y mediana Industria de software, incorporando las mejores prácticas en gestión e ingeniería de software, cuyo propósito es mejorar la capacidad de las organizaciones para ofrecer servicios con calidad. MoProSoft sugiere mediciones pero no define como realizarlas. Nuestro objetivo es completar la Norma con mediciones de software básicas y generales. Para lograrlo, realizamos una revisión sistemática en la literatura, buscando y seleccionando medidas que resuelvan necesidades de información a distintos niveles de organización. Las medidas para la Gestión de Proyectos, se enfocan en la cartera de proyectos. Para la Administración de Proyectos Específicos, medidas de Costo, Tiempo y Calidad son imprescindibles en el control del proyecto. En el Desarrollo y Mantenimiento de Software, medidas de producto, tiempo y esfuerzo resultan significativas para el desarrollo. Además, especificamos en qué fase de dichos procesos definidos en MoProSoft se sugiere tomar las medidas. Finalmente, cualquier medida depende de la repetibilidad del proceso evitando resultados inconsistentes.

Palabras Clave: Medidas de Software, Modelo de Procesos, MoProSoft.

1. INTRODUCTION

Antes de poder aplicar la mejora en cualquier organización, es necesario partir de una base cuantitativa que permita determinar, de una forma objetiva, los puntos fuertes o débiles de los productos y procesos, por éste motivo, se han hecho esfuerzos en los diferentes modelos de procesos, como en la ISO/IEC 15504 [15] que define un modelo de medición o como en CMMI [5] que incorporó una nueva área de procesos en su nivel dos de madurez denominada “Medición y Análisis”; la ISO 9000:2000 establece la necesidad de implementar un modelo de medición, con el objetivo de controlar la calidad del producto, la capacidad del proceso y la satisfacción del cliente, es decir, implementar el concepto de “Calidad Total” (TQM, Total Quality Management) [29]. Como soporte a los modelos de medición se pueden destacar marcos de trabajo como GQM (Goal Question Metric) [2] o GQIM (Goal Question Indicator Metric) [35] y los estándares ISO 15939 [14] e IEEE 982.2-1988 [13]. Estos estándares y marcos de trabajo se esfuerzan en proporcionar la referencia necesaria para poder llevar a cabo el proceso de medición de una forma efectiva y sistemática.

Por otra parte, la Norma mexicana MoProSoft [21,22], proporciona a la pequeña y mediana industria de software un modelo fácil de entender, fácil de aplicar, no costoso en su adopción, constituyendo la base para alcanzar evaluaciones exitosas con otros modelos o normas. Este modelo continúa con los esfuerzos antes mencionados, ya que sugiere indicadores y mediciones que permiten a una organización analizar su desempeño, mejorar sus prácticas y consecuentemente entregar productos de software de alta calidad. Pero actualmente cada organización elige la forma de definir dichos indicadores, por lo tanto, es difícil hablar de estandarización a nivel de mediciones. Adicionalmente, para la mayor parte de las pequeñas organizaciones, resulta complicado reconocer qué es lo que vale la pena medir y cómo medirlo.

Por estos motivos, es necesario complementar la Norma MoProSoft con un conjunto de mediciones que de solución a lo anteriormente descrito. Para tal fin, el presente trabajo seleccionará mediciones básicas y necesarias, extraídas de una revisión sistemática en medidas de software cuyos propósitos serán:

Ayudar a las organizaciones a entender más acerca de los productos de trabajo del software, evaluando la situación o características de dichos productos, con el fin de realizar decisiones en determinadas situaciones;

Servirán para rastrear, evaluar y controlar los atributos de los proyectos, productos o procesos de software; apoyarán a la estimación, predicción o el pronóstico de las características de software, de tal forma que se guarden lecciones aprendidas de la organización;

Auxiliarán en las evaluaciones de productos de trabajo o procesos contra los estándares establecidos.

Servirán para definir y medir características específicas durante el ciclo de vida y, de esta manera, soportarán a la administración y control de proyectos.

A continuación presentaremos la manera en que se realizó la revisión sistemática de las mediciones del software, para ilustrar el análisis de la situación actual; en la siguiente sección definiremos las categorías y procesos de la Norma, las cuales completaremos con el conjunto de mediciones; finalmente definiremos los futuros trabajos de esta investigación.

2. REVISIÓN SISTEMÁTICA DE MEDICIONES DE SOFTWARE

Primero que nada, debemos mencionar que nuestra *revisión sistemática* fue ejecutada siguiendo la propuesta de Barbara Kitchenham [17], para saber el estado del arte en las mediciones de software, se propuso dar respuesta a la siguiente pregunta fundamental: ¿Cuáles son las mediciones más actuales y usadas en la literatura? Nuestro *protocolo de búsqueda* se desarrolló en torno a esta pregunta.

Una vez establecida la pregunta principal, realizamos las búsquedas con todas las combinaciones posibles de las siguientes cadenas: “(measure OR metric OR quality OR quantitative) AND (process OR engineering OR maintenance OR management OR improvement OR Software testing OR development)”, en los motores de búsqueda de las siguientes fuentes: ACM Digital Library, Search IEEE magazines, Wiley Interscience, and Science@Direct. Nuestro *criterio de calidad* confió en las fuentes escogidas porque son serias, comprometidas con la calidad de sus artículos y fueron avaladas por expertos.

De acuerdo con nuestro *criterio de Inclusión y Exclusión* definido en nuestro *Protocolo de Revisión*, se aceptaron todos los artículos relacionados con mediciones para el desarrollo, mantenimiento, administración y gestión proyectos de software. Posteriormente se realizaron *extracciones objetivas y subjetivas* de la información contenida en los estudios, dichas extracciones de datos fueron realizadas elaborando una plantilla de extracción, con el fin de documentar los resultados de este proceso siguiendo la propuesta de Trassvasos et al. [30].

Con el fin de evitar la confusión terminológica y con el objeto de clasificar la información de manera coherente, nos basamos en los conceptos definidos en la *Ontología de Medición de Software* propuesta en [10]. Así que, apoyados por dicha ontología, elaboramos una plantilla para clasificar la información extraída de las siguientes tres formas: “Qué se mide”, “Cómo se mide” y “Cuándo se mide”.

Para definir “Qué se mide”, la ISO 15504 [15], CMM [27] y CMMI [5] establecen un respaldo de calidad para mejorar los niveles de madures del proceso de desarrollo de software, definiendo como entidades a ser medidas, para alcanzar tal fin, al *Proyecto*, al *Proceso* y al *Producto*. Por ello, extrajimos las características medidas de dichas entidades y las clasificamos en atributos y sub-atributos [8].

Una vez que especificamos qué se mide, procedimos a analizar el punto: “Cómo se mide”, clasificando las mediciones extraídas de los artículos en términos de las siguientes características: Representación, descripción, medida básica o derivada [8,10,11], escala [8,29] y si tienen validación teórica [3,26,32,33,35] o empírica [2,16,23,34].

Finalmente definimos “Cuándo se mide” utilizando el ciclo de vida de software en cascada, para mostrar la cantidad de medidas contenidas en las fases del mismo. Escogimos el ciclo de vida en cascada, dada su genericidad, a la hora de clasificar las medidas que se obtienen en cada fase, de forma que esta clasificación no fuera dependiente de una metodología concreta de desarrollo y/o mantenimiento. También, usamos el ASNI/PMI 99-001-2004 PMBOK Guide [1] debido a su gran cobertura y aceptación en la administración de proyectos. De esta manera indicamos qué mediciones se toman en determinada fase del ciclo de vida en cascada y del PMBOK. De este modo, la revisión sistemática de medidas, no se comprometió con al algún modelo en particular.

Los resultados de la revisión sistemáticas de medidas del software son los siguientes:

- La entidad más medida fue el producto de software, ya que medir el producto es mucho más sencillo que medir el proceso y el proyecto, para los que no se tienen bien definidos sus atributos.
- El tamaño es uno de los atributos más medidos, no solo porque es una medida básica usada en la mayoría de las mediciones derivadas enfocadas, principalmente, al control de proyectos y la estimación de defectos, si no también porque una vez medido el tamaño, podemos medir el tiempo del desarrollo de sistemas y, una vez calculado el tiempo, podemos hacer la estimación del costo [7].
- La complejidad [20,12], se ha usado en varios contextos, por lo tanto, este atributo fue otro de los que acumuló una gran cantidad de mediciones de sus diferentes aplicaciones.
- En esta revisión sistemática nos pudimos percatar de que es necesario llegar a un consenso en la comunidad de medición del software sobre la forma correcta de validar las métricas teóricamente, ya que cada quién valida siguiendo distintos modelos de evaluación.
- De las validaciones empíricas, hemos detectado que a pesar de que los experimentos son útiles, es necesario contar con datos reales, ya que muy pocas mediciones encontradas se han validado con datos de las industrias,

la escasez de tales datos continúa siendo un grave problema, además, se necesita gran cantidad de información empírica, para definir valores deseables de cada medida.

- Un aspecto importante encontrado en esta revisión, es el esfuerzo por lograr una definición más universal de las mediciones para sistemas Web [6], estableciendo marcos de referencia y modelos para clasificar las medias en este campo, ya que las aplicaciones Web, son generalmente consideradas entre las más difíciles de construir, tanto en costo como en tamaño.
- El desarrollo de OO y UML [4,18,19] ha adquirido gran auge en los últimos años, este tipo de paradigma difiere en importante medida del desarrollo utilizado en los enfoques tradicionales. Ello planteó la necesidad de definir nuevas mediciones adaptadas a las características particulares de este paradigma, por lo que en la revisión hemos encontrado una cantidad considerable de medidas OO.
- En la fase de diseño del ciclo de vida de software en cascada, los productos generados constituyen lo que será el sistema de software, en función del plan de desarrollo de software y criterios de calidad, por lo tanto, en esta fase, se realizan mediciones que nos ayuden a conocer características de tiempo, costos y esfuerzos, particularmente, para desarrollar dichos productos [7,25].
- Casi todos los productos del software son generados en la fase de desarrollo, siendo posible recolectar información cuantitativa de los mismos. Indicadores de seguimiento y control, particularmente de defectos, complejidad, tiempo y tamaño son desarrollados en esta fase, con el fin de dar el seguimiento y control de proyecto.
- La guía PMBOK define las fases Inicial, Intermedia y Final como las fases de cualquier proyecto. De la fase inicial, se debe mencionar que pueden existir subfases con una o más mediciones enfocadas en la estimación de tamaños, esfuerzos, riesgos y calidad [7], además, se ejecuta la planeación de todo el proyecto, lo cual constituye el mayor esfuerzo en la administración de proyectos.
- En la fase intermedia de la guía PMBOK se realizan muchas actividades de control para asegurar el éxito del proyecto, por lo tanto, reportes periódicos son generados con información cuantitativa de indicadores de procesos y proyectos tales como, indicadores de desempeño [7,25] y diagramas de control [1], entre otros.

La Figura 1 muestra cómo se van a incorporar las medidas de software en la Norma MoProSoft apoyados en la Revisión Sistemática y en la Ontología de Medición.

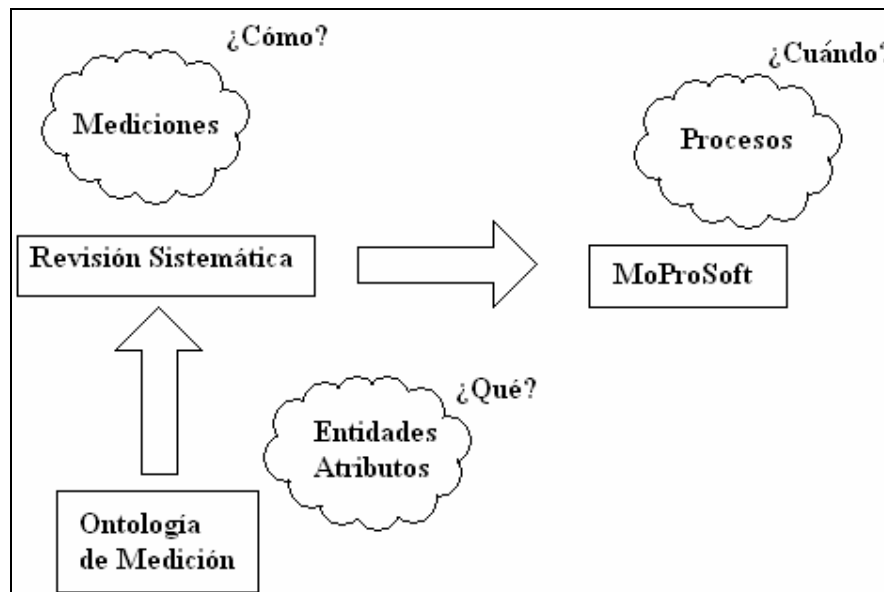


Figura 1. Resumen revisión sistemática y su aporte a MoProSoft

En la revisión sistemática se seleccionaron el ciclo de vida en Cascada y el PMBOK, principalmente por su genericidad al momento de definir el “¿Cuándo medir?”. De la Figura 1, podemos apreciar que, para éste trabajo, de la Norma

sabremos el “¿Cuándo medir?”, de la revisión Sistemática el “¿Cómo medir?” Finalmente de la Ontología de Medición sabremos el “¿Qué medir?”, ya que nuestro objetivo fundamental es completar a la Norma MoProsoft con las medidas encontradas en la revisión sistemática.

3. INCORPORACIÓN DE MÉTRICAS PARA MoProSoft

La Norma Mexicana MoProSoft fomenta la estandarización de operación en las pequeñas o medianas organizaciones dedicadas al desarrollo y/o mantenimiento de software, con o sin procesos establecidos, que deseen alcanzar hasta un nivel de capacidad dos CMMI de madurez en sus procesos [5]. Para ello MoProSoft incorpora las mejores prácticas en gestión e Ingeniería de Software con el fin de elevar la capacidad de las industrias para ofrecer servicios con calidad y alcanzar niveles internacionales de competitividad.

El modelo de procesos MoProSoft define tres categorías que lo constituyen: la Alta Dirección, la Gerencia y la Operación. Para cada categoría existen procesos y para cada uno de ellos se definen, entre otras cosas, actividades, productos de entrada, productos de salida, indicadores y sugerencias de medición. El presente trabajo se enfocará básicamente en las actividades de los procesos de Gestión de Proyectos, incluido en la Categoría de Gerencia, la Administración de Proyectos Específicos y el Desarrollo y Mantenimiento de Software, que están incluidos en la Categoría de Operación. A partir de estas categorías de procesos se definirán las metas cuantitativas, básicas y generales, que constituyan el estándar de medición y, de esta manera, se complementará la Norma Mexicana MoProSoft. Cabe mencionar que este trabajo no abarcará mediciones de procesos ni de los objetos de negocio.

Las mediciones propuestas se orientarán hacia los objetivos de los procesos definidos en la Norma MoProSoft. De esta manera, basándonos en la metodología de medición Goal Question Indicator Metric (GQIM) [35], comenzaremos definiendo en primer lugar las preguntas asociadas a dichos objetivos; posteriormente estableceremos los atributos asociados a tales preguntas; para luego especificar las medidas, base y/o derivadas (extraídas principalmente de la revisión sistemática) que evalúan dichos atributos y a partir de las cuales se establecerán finalmente indicadores que satisfagan las necesidades de información de los procesos de la norma. También indicaremos en qué fase de cada proceso se deberán tomar dichas mediciones.

Las medidas e indicadores apoyarán a las decisiones en varios niveles de operación, por lo que cada nivel tendrá sus objetivos particulares. Definiremos dichas medidas e indicadores desde los niveles más técnicos, para dar soporte a los niveles menos técnicos y más administrativos, por consiguiente, todas las medidas e indicadores que se propongan en el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software, serán productos de entrada para el Proceso de Administración de Proyectos Específicos, los cuales se utilizarán para dar soporte a las actividades de la administración de proyectos y las mediciones generadas en ese proceso, en función de sus objetivos específicos. De manera análoga, las medidas e indicadores generados en la Administración de Proyectos Específicos apoyarán a las actividades de gestión y a las mediciones para la Gestión de Proyectos. Todo ello es resumido en la Figura 2.

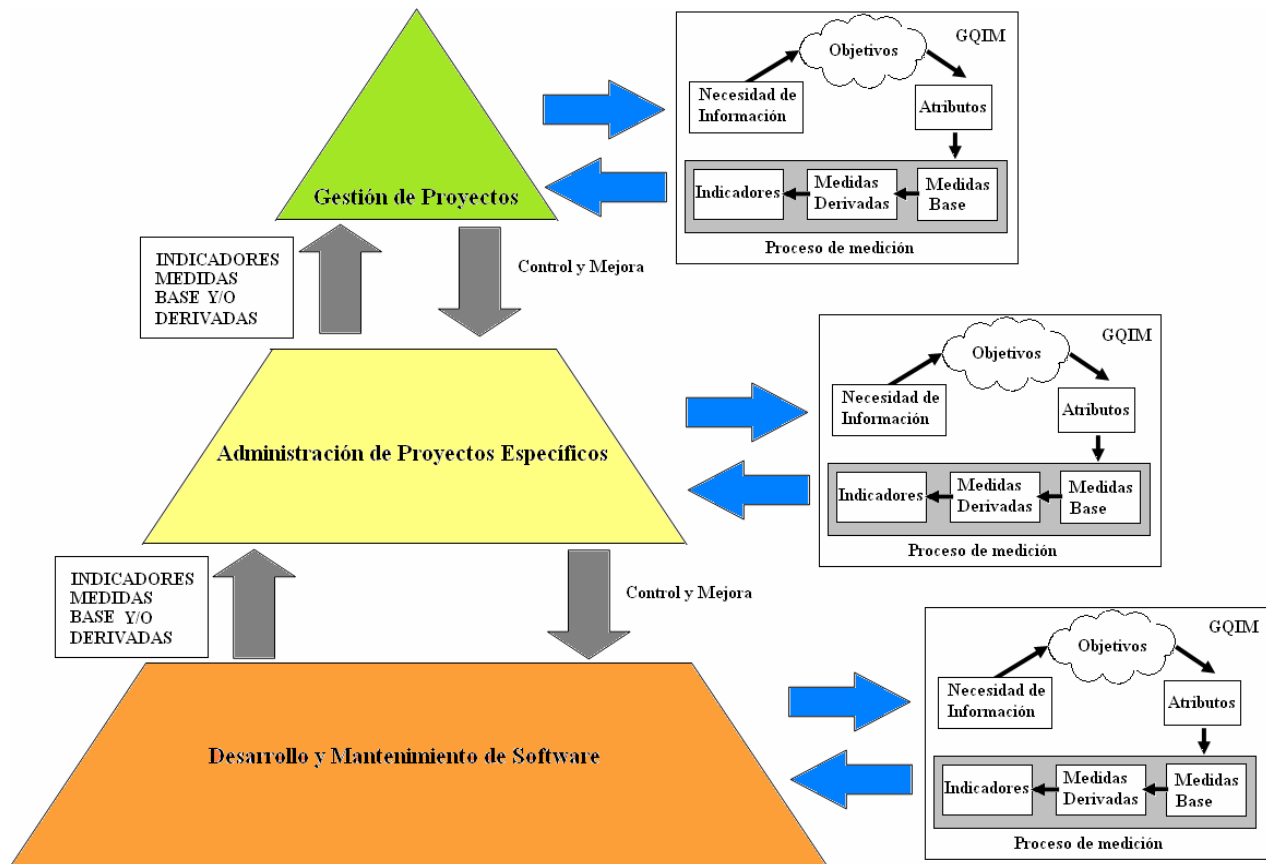


Figura 2. Implementación de medidas para MoProSoft.

3.1. Medidas para el Proceso de Mantenimiento y Desarrollo de Software

El propósito del Desarrollo y Mantenimiento de Software es la realización sistemática de las actividades de *análisis, diseño, construcción, integración y pruebas* de productos de software nuevos o modificados, controladas por *Reportes de Actividades*, que cumplan con los requerimientos especificados dentro del *contrato* de un proyecto. Los objetivos específicos son los siguientes:

- O1** Lograr que los productos de salida sean consistentes con los productos de entrada en cada fase de un ciclo de desarrollo mediante las actividades de verificación, validación o prueba.
- O2** Sustentar la realización de ciclos posteriores o proyectos de mantenimiento futuros mediante la integración de la *Configuración de Software* del ciclo actual.
- O3** Llevar a cabo las actividades de las fases de un ciclo mediante el cumplimiento del *Plan de Desarrollo* actual.

La Tabla 1 define las preguntas relacionadas a dichos objetivos y en la Tabla 2 se muestran la propuesta de medidas para este proceso:

	Preguntas	Objetivos
P1	¿Qué tan correcto es el trabajo realizado?	O1,O2
P2	¿Cuánto tiempo lleva realizar el producto de software?	O1,O2
P3	¿Cuánto tiempo lleva corregirlo?	O1
P4	¿Qué tan grande es el producto de software?	O1,O2
P5	¿Cuánto tiempo se invierte en probar los productos generados?	O1

P6	¿Qué tan mantenible es el producto del ciclo anterior?	O2
P7	¿Cuánto se ha desviado el desarrollo respecto del plan actual?	O3

Tabla 1. Preguntas relacionadas al Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software

Qué mide		Cómo lo mide				Objetivos Desarrollo y Mantenimiento del Software						
Entidad	Atributo	Medida	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Inicio	Requisitos	Análisis y Diseño	Construcción	Integración y Pruebas	Cierre
Programa	Tamaño	FP	Puntos de Función	Base	Ratio	P4,P6	x	x	x	x	x	
Programa	Tamaño	LOC	Líneas de código	Base	Ratio	P4,P6		x	x	x	x	
Programa	Tamaño	LOC+NLOC	Tamaño total del programa NLOC líneas que son comentario	Derivada	Ratio	P4,P6		x	x	x	x	
Programa	Duración	Tiempo total de desarrollo	Tiempo total de desarrollo de un módulo del sistema	Base	Ratio	P2,P3,P5,P4	x					
Programa	Complejidad	MHK	Complejidad de un módulo longitud(l) x[fan-in(l)+fan-out(l)]; i= número de sentencias, fan-in número de flujos que terminan en un vértice, fan-out número de caminos que salen del vértice	Derivada	Ratio	P5,P3,P6			x	x	x	
Programa	Calidad	Tiempo en revisión	Tiempo para revisar un objetivo de calidad	Base	Ratio	P1,P5	x					x
Programa	Calidad	Defectos	Defectos no detectados en tiempo de pruebas	Base	Ratio	P1,P5						x
Programa	Calidad	Tiempo en corregir	Tiempo en corregir defectos	Base	Ratio	P1,P5			x	x	x	
Programa	Avance	EV	Valor ganado	Indicador	Ratio	P7	x	x	x	x	x	
Programa	Costo	COQ (Costo por la calidad)	100*(Tiempo en compilar+ tiempo de pruebas)/(tiempo total de desarrollo)	Derivada	Ratio	P1,P3,P5				x	x	
Programa	Costo	Valoración de COQ	100*(tiempo de revisión en diseño + tiempo de revisión en código)/(tiempo total de desarrollo)	Indicador	Ratio	P1,P3,P5			x	x	x	
Programa	Costo	COQ Total	COQ Total= Valoración de COQ+COQ	Derivada	Ratio	P1,P3,P5			x	x	x	
Programa	Costo	Valoración porcentual de COQ	100*(Valoración de COQ)/(COQ Total)	Indicador	Ratio	P1,P3,P5			x	x	x	
Programa	Costo	Valoración porcentual fallos (A/FR) COQ	(Valoración de COQ)/(COQ)	Indicador	Ratio	P1,P3,P5						x
Sistema	Calidad	Densidad de defectos	Defectos/FF o Defectos/(K)LOC	Derivada	Ratio	P1		x	x	x	x	
Sistema	Calidad	Tasa de defectos	Defectos encontrados en tiempo de ejecución/tiempo	Derivada	Ratio	P1,P3,P5				x	x	
Sistema	Calidad	Tasa de revisión	Tamaño del producto/ tiempo	Derivada	Ratio	P1,P3,P5		x	x	x	x	
Sistema	Calidad	Campo de revisión	Porcentaje de defectos de un programa	Derivada	Ratio	P1				x	x	
Sistema	Calidad	Productividad	LOC/ unidad de tiempo o FP/Unidad de tiempo	Derivada	Ratio	P2,P4,P7	x	x	x	x	x	
Programa	Esfuerzo	Esfuerzo	unidad de tiempo-hombre	Derivada	Ratio	P2,P4,P7	x	x	x	x	x	
Sistema	Calidad	$\frac{W_{TP} - W_F}{KCSI}$	Calidad del código desarrollado (QC) donde WTP es el número ponderado de defectos encontrados de un producto en las pruebas (antes de la liberación)	Indicador	Ratio	P1		x	x	x	x	
Sistema	Calidad	$\frac{W_F}{KCSI}$	Calidad del producto entregado y probado (QP)	Derivada	Ratio	P1		x	x	x	x	
Sistema	Calidad	$\frac{W_{TTP}}{KCSI}$	Tiempo de mejoras (TI), donde WTTP es el número de defectos ponderados encontrados en la fase de pruebas del producto.	Derivada	Ratio	P1,P3,P5		x	x	x	x	
Sistema	Calidad	$\frac{T_T}{KCSI}$	Tiempo de prueba, donde TT es el número de día laborales usados para pruebas	Derivada	Ratio	P1,P3,P5		x	x	x	x	
Sistema	Calidad	$\frac{T_T}{T_D} * 100\%$	Tiempo de prueba sobre tiempo de desarrollo (TD), donde TD es el número de días laborales para desarrollar el producto.	Derivada	Ratio	P1,P3,P5		x	x	x	x	

Medidas enfocadas en el paradigma estructurado												
Programa	Tamaño	u1	Número de operadores diferentes que aparecen en el programa	Base	Ratio	P2,P4,P6				x	x	
Programa	Tamaño	u2	Número de operandos diferentes que aparecen en el programa	Base	Ratio	P2,P4,P6				x	x	
Programa	Tamaño	u	u=u1+u2, vocabulario del programa	Derivada	Ratio	P2,P4,P6				x	x	
Programa	Tamaño	N1	Número total de veces que aparece el operador	Base	Ratio	P2,P4,P6				x	x	
Programa	Tamaño	N2	Número total de veces que aparece el operando	Base	Ratio	P2,P4,P6				x	x	
Programa	Tamaño	N	N=N1+N2, longitud del programa	Derivada	Ratio	P2,P4,P6				x	x	
Programa	Volumen	V=Nxlog2u	Volumen del programa	Indicador	Ratio	P4,P6				x	x	
Programa	Tamaño	N COPY	Número de instrucciones copiadas	Base	Ratio	P2,P4,P6		x	x	x	x	
Programa	Tamaño	N PERF	Número de sentencias ejecutadas	Base	Ratio	P2,P4,P6				x	x	x
Programa	Complejidad	N SEL	Número de sentencias de selección	Base	Ratio	P5,P3,P6				x	x	x
Programa	Complejidad	N CYCLE	Número de sentencias cíclicas	Base	Ratio	P5,P3,P6				x	x	x
Programa	Complejidad	N EXEC	Número de ejecuciones dinámicas	Base	Ratio	P5,P3,P6				x	x	x
Programa	Complejidad	Block COV	Porcentaje de bloques ejecutados	Derivada	Ratio	P5,P3,P6				x	x	x
Programa	Complejidad	ST COV	Porcentaje de sentencias ejecutadas	Derivada	Ratio	P5,P3,P6				x	x	x
Programa	Tamaño	LOC	Líneas de código separadas por punto y coma	Base	Ratio	P2,P4,P6		x	x	x	x	
Programa	Tamaño	Funciones	Número de funciones	Base	Ratio	P2,P4,P6		x	x	x	x	
Programa	Tamaño	FP	Número de parámetros formales de las funciones	Base	Ratio	P2,P4,P6				x	x	
Programa	Tamaño	FR	Número de puntos de retorno de las funciones	Base	Ratio	P2,P4,P6				x	x	
Programa	Complejidad	IC	IC=FP+FR, complejidad del programa	Derivada	Ratio	P5,P3,P6				x	x	x
Programa	Complejidad	CO	Número de operadores de comparación	Base	Ratio	P5,P3,P6				x	x	x
Programa	Complejidad	AveBlockL	Longitud promedio de los bloques básicos	Derivada	Ratio	P5,P3,P6				x	x	
Programa	Complejidad	V(G)	Complejidad Ciclomática basada en teoría de Grafos V(G)=A-N+2 A= Arcos, N nodos	Derivada	Ratio	P5,P3,P6				x	x	x

Medidas enfocadas en el paradigma Orientado a Objetos											
Programa	Complejidad	CBO	Acoplamiento entre clases, si los métodos de una clase utiliza métodos de otras clases, o viceversa.	Base	Ratio	P5,P3,P6			x	x	x
Programa	Complejidad	RPC _n	Conjunto de respuesta para una clase, conjunto de métodos que directa e indirectamente potencialmente invocan métodos de otra clase.	Base	Ratio	P5,P3,P6			x	x	x
Programa	Complejidad	MPC	Número de invocaciones de un método en un clase	Base	Ratio	P5,P3,P6			x	x	x
Programa	Complejidad	DAC	Número de atributos en una clases que tienen como tipo otra clase	Base	Ratio	P5,P3,P6			x	x	
Programa	Complejidad	ICP	Número de métodos invocados en una clase, ponderados por el número de parámetros de los métodos invocados	Base	Ratio	P5,P3,P6			x	x	x
Programa	Complejidad	IH-ICP	Como ICP, pero contiene invocaciones de métodos de los ancestros de esa clase	Base	Ratio	P5,P3,P6			x	x	x
Programa	Complejidad	LCOM	Falta de cohesión en métodos: Número de pares de métodos que no usan ningún atributo en común	Base	Ratio	P5,P3,P6			x	x	
Programa	Complejidad	TCC	TCC se define como el porcentaje de métodos públicos de una clase que se encuentran conectados por atributos directos o indirectos	Derivada	Ratio	P5,P3,P6			x	x	x
Programa	Complejidad	LCC	LCC es el porcentaje de métodos públicos que se encuentran conectados directamente o directamente	Derivada	Ratio	P5,P3,P6			x	x	x
Programa	Complejidad	ICH	ICH es el número de invocaciones de otros métodos de la misma clase, ponderados por el número de parámetros de la invocación	Base	Ratio	P5,P3,P6			x	x	x
Programa	Complejidad	DIT	DIT es la longitud del camino más largo de la clase a su raíz en su árbol de herencia	Base	Ratio	P5,P3,P6		x	x	x	x
Programa	Complejidad	AID	AID Promedio de profundidad en clases padres	Derivada	Ratio	P5,P3,P6			x	x	x
Programa	Complejidad	CLD	CLD máximo número de niveles en la herencia que le pertenecen a una clase	Derivada	Ratio	P5,P3,P6		x	x	x	x
Programa	Complejidad, tamaño, reusabilidad	NOC	Número de hijos de una clase	Base	Ratio	P1,P2,P5,P3,P6		x	x	x	x
Programa	Complejidad, tamaño, reusabilidad	NOP	Número de padres inmediatos de una clase	Base	Ratio	P1,P2,P5,P3,P6		x	x	x	x
Programa	Complejidad, tamaño, reusabilidad	NOD o NOAC	Número de descendientes de una clase	Base	Ratio	P1,P2,P5,P3,P6		x	x	x	x
Programa	Complejidad, tamaño, reusabilidad	NOA	Número de ancestros de una clase	Base	Ratio	P1,P2,P5,P3,P6		x	x	x	x
Programa	Complejidad, tamaño, reusabilidad	NMO	Número de métodos sobre escritos de una clase	Base	Ratio	P1,P2,P5,P3,P6			x	x	x
Programa	Complejidad, tamaño, reusabilidad	NMI	Número de métodos heredados de una clase	Base	Ratio	P1,P2,P5,P3,P6			x	x	x
Programa	Complejidad, tamaño, reusabilidad	NMA (number of methods added)	Número de nuevos métodos de una clase que no son heredados	Base	Ratio	P1,P2,P5,P3,P6			x	x	x
Programa	Complejidad	SIX	SIX is NMO * DIT / (NMO+NMA+NMI) índice de especialización	Indicador	Ratio	P5,P3,P6			x	x	x
Programa	Tamaño	NM	Número de métodos totales de una clase	Base	Ratio	P1,P2			x	x	
Programa	Tamaño	NAI	Número total de atributos de una clase	Base	Ratio	P1,P2			x	x	
Programa	Tamaño	Nmpub	Número de métodos públicos de una clase	Base	Ratio	P1,P2			x	x	
Programa	Tamaño	NumPara	Número total de parámetros de una clase	Base	Ratio	P1,P2			x	x	
Programa	Tamaño	APPM	Promedio de parámetros por método: NumPara/MN	Derivada	Ratio	P1,P2,P5,P3,P6			x	x	

Tabla 2. Propuesta de mediciones para al Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software

3.2. Medidas para el Proceso de Administración de Proyectos Específicos

En la Administración de Proyectos Específicos, se llevan *Reportes de Actividades* que permiten verificar si se esta cumpliendo con los objetivos de un proyecto en tiempo y costos esperados. Para este Proceso escogimos las medidas más generales y representativas; adicionalmente debemos destacar que las medidas definidas a los atributos del proceso anterior apoyan a las actividades de este proceso y sus medidas, con el fin de llevar un control y mejora del desarrollo del software. Los objetivos específicos de este proceso son los siguientes:

- 01** Lograd los Objetivos del proyecto en tiempo y costos mediante la coordinación y el manejo de los recursos del mismo.
- 02** Mantener informado al Cliente mediante realización de reuniones del avance del proyecto.
- 03** Atender las Solicitudes de Cambio del cliente mediante la recepción y análisis de las mismas.

Las preguntas asociadas a dichos objetivos se muestran en la Tabla 3 y en la Tabla 4 se ilustra la propuesta de mediciones para el Proceso de Administración de Proyectos Específicos.

	Preguntas	Objetivos
P1	¿Cuál es el estado del presupuesto?	O1,O2
P2	¿Cuál es la calidad del proyecto?	O1,O2
P3	¿En qué estado está el calendario del proyecto?	O1,O2
P4	¿Se esta haciendo mejor que en el ciclo anterior?	O1
P5	¿Qué se puede hacer en un periodo de tiempo dado?	O1,O3
P6	¿Qué debería hacerse?	O3
P7	¿En qué hay que enfocarse?	O3

Tabla 3. Preguntas relacionadas al Proceso de Administración de Proyectos Específicos

Qué mide		Cómo lo mide				Objetivos	Administración de Proyectos Específicos			
Entidad	Atributo	Medida	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Planeación	Realización	Evaluación y Control	Cierre
Sistema	Tamaño	FP	Puntos de Función	Base	Ratio	P5	x	x	x	
Sistema	Tamaño	LOC	Líneas de código	Base	Ratio	P5	x	x	x	
Programa	Tiempo	Tiempo total de desarrollo	Tiempo total de desarrollo del sistema	Base	Ratio	P3,P5	x		x	
Proyecto		Productividad	(Tamaño Total del proyecto)/Esfuerzo	Derivada	Ratio	P5,P6	x		x	
Sistema	Calidad	Tasa de defectos	Defectos/Tamaño	Derivada	Ratio	P2,P4	x	x	x	
Sistema		Esfuerzo necesario	Esfuerzo necesario =Tamaño/Productividad	Indicador	Ratio	P5	x	x	x	
Sistema	Calidad	Defectos esperados	Defectos esperados=(Tasa de defectos)*Tamaño	Indicador	Ratio	P2,P4	x			
Proyecto	Duración	Tiempo por fase	Tiempo para desarrollar una fase	Base	Ratio	P3	x		x	
Proyecto		Esfuerzo por fase	Distribución del esfuerzo por fase	Base	Ratio	P5,P6	x		x	
Proyecto	Tamaño	Tamaño Producto	Productividad*Esfuerzo*(Tiempo total de desarrollo)	Indicador	Ratio	P1,P2,P3	x		x	
Proyecto	Avance	EV	Valor Ganado	Indicador	Ratio	P5,P6,P7	x		x	
Proyecto	Costo	C=K*M	Costo total , M = total de horas-hombre para el desarrollo y la integración, K=constante que depende de la sobre carga de gastos.	Derivada	Ratio	P1,P5,P7	x		x	
Programa	Calidad	Defectos	Defectos por fase	Base	Ratio	P2,P4		x	x	
Proceso	Eficiencia	Eficiencia en correcciones	Porcentaje de defectos eliminados por fase	Derivada	Ratio	P2,P4		x	x	
Sistema	Calidad	Densidad de defectos	Defectos/PF o Defectos/(K)LOC	Derivada	Ratio	P2,P4		x	x	
Sistema	Calidad	Tasa de revisión	Tamaño / tiempo	Derivada	Ratio	P2,P4		x	x	
Sistema	Calidad	Campo de revisión	Porcentaje de defectos de un programa	Derivada	Ratio	P2,P4		x	x	
Sistema	Calidad	Productividad	(LOC o FP)/ unidad de tiempo	Derivada	Ratio	P5,P6	x	x	x	

Programa	Esfuerzo	Esfuerzo	tiempo-hombre	Derivada	Ratio	P5,P6	x		x	
Sistema	Calidad	$\frac{W_{TP} + W_F}{KCSI}$	Calidad del código desarrollado QC: donde WTP = número ponderado de defectos de antes de la liberación, Wf = número ponderado de defectos después de la liberación. KCSI = número de KLOC nuevas o agregadas.	Indicador	Ratio	P2,P4	x	x	x	
Sistema	Calidad	$\frac{W_F}{KCSI}$	Calidad del producto entregado y probado (QP)	Derivada	Ratio	P2,P4	x	x	x	
Sistema	Calidad	$\frac{W_{TP}}{KCSI}$	Tiempo de mejoras (TI), donde WTTP es el número de defectos ponderados encontrados en pruebas del producto.	Derivada	Ratio	P2,P4	x	x	x	
Sistema	Calidad	$\frac{T_T}{KCSI}$	Tiempo de prueba, donde TT es el número de días laborales usados para pruebas	Derivada	Ratio	P2,P4	x	x	x	
Sistema	Calidad	$\frac{T_T}{T_D} * 100\%$	Tiempo de prueba sobre tiempo de desarrollo, donde TD es el número de días laborales para desarrollar el producto.	Derivada	Ratio	P2,P4	x	x	x	
Proyecto	Retardos	Retardos en hitos	tiempo	Directa	Ratio	P3,P5,P6			x	
Proyecto	Costo	Variación	Evolución del costo en función del tiempo Variación=(costo estimado-costo actual)/costo estimado	Indicador	Ratio	P1,P5,P6	x		x	
Proyecto	Costo	ROI	Retorno de inversión	Indicador	Ratio	P1,P5,P6	x		x	
Programa	Calidad	Tiempo en revisión	Tiempo para revisar un objetivo de calidad	Base	Ratio	P2,P3,P4	x		x	
Programa	Calidad	Tiempo en corregir	Tiempo en corregir defectos	Base	Ratio	P2,P3,P4	x		x	

Tabla 4. Propuesta de mediciones para al Proceso de Administración de Proyectos Específicos

3.3. Medidas para el Proceso de Gestión de Proyectos

El fin de la Gestión de Proyectos es asegurar que los proyectos contribuyan al cumplimiento de los objetivos y estrategias de la organización. Las mediciones y atributos definidos en los dos procesos anteriores constituyen la base para el proceso de Gestión de Proyectos. Un grupo de indicadores debe ser generado especialmente para capturar información del estado de los proyectos y dichos indicadores deben ser traducidos en el contexto del nivel de operación que los necesite, ya se desde un enfoque más gerencial o uno más administrativo. Los objetivos específicos de este proyecto son los siguientes:

O1 Cumplir con el Plan Estratégico de la organización mediante la generación de instrumentación de proyectos.

O2 Mantener bajo control las actividades de Gestión de Proyectos mediante el Plan de Gestión de Proyectos.

O3 Proveer la información del desempeño de los proyectos a Gestión de Negocio mediante la generación del Reporte Cuantitativo y Cualitativo

O4 Atender los Comentarios y Quejas del Cliente mediante la definición y ejecución de Acciones Correctivas o preventivas

Las preguntas asociadas a los objetivos de este proceso se encuentran ilustradas en la Tabla 5 y en la Tabla 6 se muestra la propuesta de mediciones.

	Pregunta	Objetivo
P1	¿Cómo se encuentra el estado de los proyectos?	O1,O2,O3

P2	¿Cómo se deben administrar los recursos?	O2
P3	¿Cuál es costo de desarrollo por proyecto?	O2,O3
P4	¿Cuál ha sido la productividad en el proyecto	O2,O3
P5	¿El producto generado es del gusto del cliente?	O4
P6	¿Se han entregado proyectos de manera puntual?	O2,O3

Tabla 5. Preguntas relacionadas al Proceso de Gestión de Proyectos

Qué mide		Cómo lo mide				Objetivos	Gestión de Proyectos		
Entidad	Atributo	Medida	Descripción	Tipo	Escala	Preguntas que responden	Planeación	Realización	Evaluación y Control
Proyectos	Costo	Costo por proyecto	Provee una vista al gestor de proyecto de el costo actual asociado con los objetivos de desarrollo de software y la comparación con el costo estimado originalmente	Indicador	Ratio	P1,P3	x	x	x
Proyectos	Calidad	Defectos en la línea base de desarrollo	Provee un resumen de los problemas de software o reportes de cambios en la línea base de desarrollo y la habilidad de la organización para resolverlos	Derivada	Ratio	P1,P2	x	x	x
Proyectos	Productividad	Esfuerzo, tamaño, productividad	Indicador que mide la Productividad de el Desarrollo de un Proyecto de Software	Indicador	Ratio	P1,P4	x	x	x
Proyectos	Calidad	Satisfacción del cliente	Mide la Satisfacción del cliente, Calidad del producto por su Funcionalidad	Indicador	Ratio	P5	x	x	x
Proyectos	Tiempo	Indicador de fechas de entrega	Exactitud de la entrega de producto final en términos de la fecha de contrato	Indicador	Ratio	P1,P4,P6	x	x	x

Tabla 6. Propuesta de mediciones para al Proceso de Gestión de Proyectos

4. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Las mediciones del software nos proveen de respuestas que nos ayudan a entender más de nuestros productos de trabajo, nos apoyan en el rastreo, evaluación, control, estimación, predicción y pronóstico de los atributos de los productos, proyectos y procesos del software para su mejora continua. Por estas razones, en este trabajo propusimos un conjunto básico de mediciones, lo más general posible, para la Norma mexicana NMX-I-059 MoProSoft, que atienda la necesidad de saber qué, cómo y cuándo medir de las pequeñas y medianas industrias de software. Cada medida trata de resolver una necesidad de información a distintos niveles en una organización. Así que, a un nivel más operativo y menos gerencial, escogimos los procesos de Desarrollo y Mantenimiento de Software, Administración de Proyectos Específicos y Gestión de Proyectos.

Para el Proceso de Gestión de Proyectos, la traducción de las diferentes medidas dependerá de la perspectiva que tomen, en función de los intereses de los involucrados, del equipo de desarrollo y de la organización. Así que, las mediciones para la Gestión de Proyectos como: los indicadores de satisfacción del cliente, el seguimiento, la productividad y el costo, etc.; se deberán enfocar, antes que nada, a la cartera de proyectos de la organización, de tal manera que apoyen a

los informes de evaluaciones, el análisis de las tendencias, los requisitos del cliente, la administración de recursos, la planeación, el calendario, a las revisiones y el monitoreos de los proyectos, con el fin de implementar una estrategia coherente en la organización.

La Administración de Proyectos Específicos se encarga de llevar a buen término los proyectos gestionados por el Proceso de Gestión de Proyectos, así que las mediciones e indicadores referentes a Costo, Tiempo y Calidad son imprescindibles para mantener el control del proyecto; debemos mencionar que las medidas de tamaño constituyen la base para las estimaciones. Además, medidas como EV y la variación permiten controlar el tiempo y el costo respectivamente. La propuesta de mediciones a nivel de Administración de Proyectos, tiene como objetivo principal apoyar la toma de decisiones, la evaluación de desempeño, la mejora, el seguimiento del proyecto y a la planeación, generando una vista de la situación actual del proyecto basada en datos consistentes.

Finalmente, las medidas relacionadas con el tiempo, la calidad y el esfuerzo para el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software, tratan de ayudar al equipo de desarrollo a identificar sus puntos débiles, conocer su rendimiento, detectar errores antes de las pruebas y mejorar sus procesos tanto individuales como en equipo.

Por otra parte, debemos destacar que todas las medidas propuestas dependen mucho de la repetibilidad del proceso, ya que si el proceso se hace inestable, debido a cualquier cambio dentro del ciclo de vida del software, fallas o cambios de requisitos, dicho proceso se realizará de manera diferente en distintas ocasiones, por lo tanto, las mediciones serán inconsistentes y no se podrán comparar los resultados, ni llegar a conclusiones sobre su análisis. Por estos motivos, para implementar un proceso de mediciones exitoso en las organizaciones, se debe alcanzar al menos un nivel 2 de madurez en CMMI [5].

En esta investigación básicamente identificamos en qué parte de los procesos de Administración y Desarrollo de Software, de Administración de Proyectos Específicos y de Gestión de Proyectos se tienen que tomar mediciones y cuáles son. A pesar de que las mediciones propuestas han sido validadas por la literatura de manera teórica y empírica, como trabajo futuro se debe validar la norma MoProSoft aplicando y recogiendo las medidas propuestas en las pequeñas y medianas industrias, para obtener información objetiva de su utilidad.

Por otra parte, los modelos de desarrollo de Software como CMM y CMMI, han tenido una gran aceptación en el medio académico y profesional, así que otro trabajo que queda por hacer es determinar a qué niveles de madurez se corresponden las medidas propuestas en este estándar de medición.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo tuvo el apoyo de proyecto COMPETISOFT (Mejora de Procesos para promover la Competitividad de las Medianas y Pequeñas Industrias de Software Iberoamericanas) del programa CYTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo).

REFERENCIAS

- [31] ANSI/PMI 99-001-2004, A Guide Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) an American National Standard, Third Edition, Project Management Institute, Inc., United Estates of America, (2004).
- [32] Basili V.y Weiss D., “A Methodology for Collecting Valid Software Engineering Data.”, *IEEE Transactions on Software Engineering*. 10, pp. 728-738, (1984).
- [33] Briand L., Morasca S. and Basili V., “Property-Based Software Engineering Measurement”, *IEEE Transactions on Software Engineering*. 22(1), pp. 68-86, (1996).
- [34] Chidamber S. and Kemerer C., “A Metrics Suite for Object Oriented Design”, *IEEE Transactions on Software Engineering*. 20(6), pp. 476-493, (1994).
- [35] Chrissis M. B., Konrad M. Shrum Sandy, *CMMI®: Guidelines for Process Integration and Product Improvement*, Addison-Wesley, 1st Edition, Carnegie Mellon Software Engineering Institute, USA, (2003).
- [36] Calero, C., Ruiz, J., Piattini, M., 2005, Classifying web metrics using the web quality model. *Online Information Review*. Vol 29 No 3, pp. 227-248
- [37] Ebert C., Dumke R., Bundschuh M., Schmietendorf A., *Best Practices in Software Measurement How to user metrics to improve project and process performance*, 295 Seiten-Springer 1st Edition, Berlin, (2004).

- [38] Fenton N. and Pfleeger S. L., *Software Metrics: A Rigorous & Practical Approach*, PWS Publishing Company, Second Edition, (1997).
- [39] Florac W.A., Carleton A.D., *Measuring the Software Process*, Addison-Wesley, (1999).
- [40] García F., Bertoa M. F., Calero C., Vallecillo A., Ruíz F., Piattini M., Genero M., “Towards a consistent terminology for software measurement”, *Information and Software Technology*. xx, pp. 1-14, (2005).
- [41] Goethert W., Siviý J., *Applications of the Indicator Template for Measurement and Analysis*, Technical Note, Software Engineering Measurement and Analysis Initiative, Carnegie Mellon University, USA, pp. 1-37, (2004).
- [42] Henry S. and S. Kafura, “Software Structure Metrics Based on Information Flow”, *IEEE Transactions on Software Engineering*. 7(5), pp. 510-518, (1981).
- [43] IEEE Std. 982.2-1988, *IEEE Guide for the Use of IEEE Standard Dictionary of Measures to Produce Reliable Software*, Software Engineering Standards Committee of the IEEE Computer Society, USA, (1998)
- [44] ISO/ IEC 15939:2001, *Information technology — Software engineering — Software measurement process*, V26, International Organization for Standardization, Geneva, (2001).
- [45] ISO/IEC 15504-2:2003, *Software engineering — Process assessment — Performing an assessment*, International Organization for Standardization, Geneva, (2001).
- [46] Juristo N. and Moreno A., *Basics of Software Engineering Experimentation*, Kluwer Academic Publishers, (2001).
- [47] Kitchenham B., Procedures for Performing Systematic Reviews, Joint Technical Report, Software Engineering Group, Department of Computer Science Keele University, United King and Empirical Software Engineering, National ICT Australia Ltd, Australia, pp. 1-28, (2004).
- [48] Lorenz M., y Kidd J., *Object-Oriented Software Metrics: A Practical Guide*, Prentice Hall, Nueva Jersey, USA, (1994).
- [49] Marchesi M., “OOA Metrics for the Unified Modeling Language”, *2nd Euromicro Conference on Software Maintenance and Reengineering*, pp. 67-73, (1998).
- [50] McCabe T., “A Software Complexity Measure”, *IEEE Transactions on Software Engineering*, 2, pp. 308-320, (1976).
- [51] NMX-I-059 Tecnología de la Información-Software-Modelos de procesos y de evaluación para desarrollo y mantenimiento de software NYCE, Diario Oficial de la Federación, 2005.
- [52] Oktaba H., MoProSoft: A Software Process Model for Small Enterprises, Proceedings of International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, Pittsburgh, EEUU, SPECIAL REPORT CMU/SEI-2006-SR-001, (2005).
- [53] Perry D., Porte A. and Votta L., *Empirical Studies of Software Engineering: A Roadmap. Future of Software Engineering*, Ed. Anthony Finkelstein, ACM, pp. 345-355, (2000).
- [54] Pfleeger S. L., “Assessing Software Measurement”, *IEEE Software*. March/April, pp. 25-26, (1997)
- [55] Piattini M. y García F., *Calidad en el desarrollo y mantenimiento de software*, Ra-Ma, Spain, 1st Edition, (2003).
- [56] Poels G. y Dedene G., Distance-based software measurement: necessary and sufficient properties for software measures. *Information and Software Technology*, 42(1), pp. 35-46. (2000).
- [57] Raynus J., *Software Process Improvement with CMM*, Artech House, USA, 1st Edition, (1999).
- [58] Reynoso L., Genero M. y Piattini M., Measuring OCL Expressions: An Approach Based on Cognitive Techniques, Chapter 5 in “Metrics for Software Conceptual Models”, (Eds. Genero M., Piattini M. and Calero C.). Imperial College Press, UK. (2004).
- [59] Stephen H. K., *Metric and Models in Software Quality Engineering*, Addison-Wesley 2nd Edition, Boston, USA (2002)
- [60] Travassos G. H., Boilchi, J., Mian , P. G., Natali, A. C. C., *Systematic Review in Software Engineering*. Technical Report Programa de Engenharia de Sistemas e Computação PESC, Systems Engineering and Computer Science Department COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, pp. 1-30. (2005).
- [61] Watts S. Humphrey ,*PSP A Self-Improvement Process for Software Engineers*, Addison-Wesley, (2005).

- [62] Weyuker E., "Evaluating Software Complexity Measures", *IEEE Transactions on Software Engineering*. 14(9), pp. 1357-1365, (1988).
- [63] Whitmire S., *Object Oriented Design Measurement*, John Wiley & Sons, Inc, (1997).
- [64] Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlson, M., Regnell, B. y Wesslén, A.,2000. *Experimentation in Software Engineering: An Introduction*. Kluwer Academic Publishers.
- [65] Zuse H., *A Framework of Software Measurement*, Berlin. Walter de Gruy, (1998).

Prototipo de Software para el preprocesamiento de datos “UD-Clear”

Harry A. Barrera
Universidad Distrital Francisco
José de Caldas
Bogotá, Colombia
harrybarrer@walla.com

Johanna Correa
Universidad Distrital Francisco
José de Caldas
Bogotá, Colombia
johanna_c_c@yahoo.com

Jorge E. Rodríguez
Universidad Distrital
Francisco José de Caldas
Bogotá, Colombia

RESUMEN

El preprocesamiento de datos es una de las etapas del proceso de Minería de Datos, en la cual se busca principalmente transformar un conjunto de datos con el fin de corregir inconsistencias y adecuarlos utilizando diferentes técnicas, de tal manera que ofrezcan calidad aceptable y significado en el proceso de extracción de patrones. A lo largo de este artículo se describirán algunas de las tareas y procedimientos más relevantes de esta etapa, enfocándose principalmente en la limpieza, reducción y transformación de los datos a través de la implementación de técnicas proporcionadas por la Inteligencia Artificial y la Estadística. UD-CLEAR hace parte del proyecto de investigación “Desarrollo de Herramientas para la Minería de Datos - UDMINER”.

Palabras clave: preprocesamiento, selección de atributos, discretización, valores faltantes, normalización, numerización.

ABSTRACT

Data Preprocessing is one of the stages of Data Mining process. In this one, mainly look for getting a collection of data and transformate them to correct inconsistencies and adapt them using differents techniques, to offer acceptable quality and meaning in the process of the extraction patterns. Along of this article will be described some the most relevant tasks and process of this stage, focus on the cleaning, reduction and transformation of data, implementing techniques provided by Artificial Intelligence and Statistics. UD-CLEAR makes part of the investigation project “Development of tools for the Data Mining - UDMINER”.

Keywords: preprocessing, attribute selection, missing values, discretization, dummy variables, normalization.

INTRODUCCIÓN

El preprocesamiento cumple un papel fundamental en todo el proceso de la Minería de Datos. La tarea de extraer patrones o conocimiento útil y veraz, está estrechamente relacionada con la condición de los datos; es decir, los datos son fiables cuando tienen cierto grado de calidad y significado, siendo esta la función del preprocesamiento: transformar los datos de forma tal que posean condiciones aceptables para mejorar el proceso de Minería de Datos. Se podría pensar que no es necesario realizar un análisis sobre los datos para corregirlos, limpiarlos, seleccionarlos etc. Simplemente aplicar el modelo de minería escogido directamente, sin embargo, esto tiene sus consecuencias. El no preprocesar implica trabajar con datos de baja calidad (datos que contienen ruido), donde los datos pueden tener inconsistencias y por ende conducir a la extracción de patrones o reglas de baja utilidad. Además, el preprocesar suministra al proceso de minería, datos más compactos y representativos que mejoran la eficiencia del modelo. El preprocesamiento en general consta de tres tareas específicas, limpieza, selección y transformación, que solucionan en gran parte el problema mencionado anteriormente.

El artículo presenta la selección e implementación de algunas técnicas de Inteligencia Artificial y Estadísticas, utilizadas en tareas de Minería de Datos; por consiguiente, con este avance parcial de investigación, se pretende medir la efectividad y utilidad de las técnicas implementadas.

El artículo se estructura en seis partes: 1) descripción de las diferentes técnicas implementadas en UD-CLEAR, 2) descripción de la arquitectura, 3) análisis de pruebas y resultados, 4) conclusiones del avance parcial de la investigación, y 5) trabajos futuros.

1. PREPROCESAMIENTO DE DATOS

El propósito fundamental del preprocesamiento de datos es manipular y transformar un conjunto de datos haciendo que la información contenida dentro de ellos sea más accesible y coherente [11]. Por otro lado, busca eliminar los datos erróneos, inconsistentes, faltantes (limpieza), etc., para presentarlos de una mejor forma a la siguiente fase (Minería de Datos). A continuación, se presentan las tareas de preprocesamiento junto con las técnicas implementadas en UD-CLEAR.

1.1 Limpieza. Uno de los problemas más frecuentes que se presenta en los datos es la existencia de valores faltantes. Estos presentan un gran problema, ya que algunos modelos no hacen un buen tratamiento de estos y podrían conducir a obtener resultados poco precisos, especialmente si se usan modelos neuronales artificiales en el proceso de minería, dado que estos modelos no funcionan bien con dichos valores [7]. Una vez identificados los valores faltantes, que en algunos casos puede ser una tarea compleja, ya que estos valores pueden tener diferentes representaciones, se procede a su relleno.

Algoritmo EM. El algoritmo EM (*Expectation Maximization*) es un procedimiento para el relleno de valores faltantes que se fundamenta en las técnicas de aprendizaje bayesiano. El aprendizaje bayesiano consiste en el uso de ejemplos o instancias para pasar de la probabilidad a priori a la probabilidad a posteriori³⁹ [2]. El algoritmo EM (Tabla 1) consta de dos fases fundamentales, la fase de inicialización y la fase iterativa. La fase de inicialización comprende dos pasos importantes, inicializar el conjunto de parámetros que están determinados por la red bayesiana, e inicializar el contador de etapas. La fase iterativa consta de: - el primer paso (paso E), se encarga del cálculo de la esperanza, - paso M se encarga de la maximización de dichas esperanzas [5].

³⁹ En el marco bayesiano, la hipótesis más estimable no es otra cosa que aquella que tiene máxima probabilidad a posteriori dados los atributos, y es conocida como la hipótesis máxima a posteriori o hipótesis MAP.

✦ **Construcción de la red Bayesiana (Naïve Bayes).** El modelo de red bayesiana utilizado es el Naïve Bayes. Esta estructura de red es la más sencilla de todas, debido que asume independencia entre los atributos, es decir, los atributos solo tienen dependencia con la clase. Esto funciona solamente cuando se cumplen relaciones de independencia condicional. La información con que se cuenta de independencia condicional, por lo tanto, es crucial para que los sistemas probabilistas funcionen de manera eficiente [12]. Los parámetros que se estiman son tablas de probabilidad condicional de un atributo con respecto a la clase. La probabilidad condicional expresada como $P(D|F)$ denota la probabilidad de que suceda D dato un evento F [9].

Tabla 1. Pseudo-código Algoritmo EM

ALGORITMO EM(Red Bayesiana, datos)
Fase de Inicialización:
inicializar el conjunto de parámetros para los datos (Etapa 0);
inicializar contador de etapas e=0;
Fase Iterativa:
Mientras: No Convergencia
Paso E: Etapa del cálculo de esperanzas
E[atributo con respecto a clase | datos(e)]
Paso M: Etapa de maximización
E[datos(e+1)]=E[atributo con respecto a clase | datos(e)] / E[clase | datos (e)]
Fin Mientras
FIN ALGORITMO

Atributos Nominales: el cálculo de las distribuciones de probabilidad para atributos nominales utiliza el estimador basado en la ley de la sucesión de Laplace (ec. 1). Este estimador tiene la ventaja que no sobreajusta los datos, debido a que asigna una mínima probabilidad a las combinaciones que no aparecen en la base de datos. El cálculo se realiza mediante conteos en la base de datos, es decir, el número de coincidencias del valor de atributo X_i con el valor del atributo clase (padre) $Pa(X_i)$, más uno, dividido por el número de casos totales del atributo clase $Pa(X_i)$, más el número de posibles valores del atributo clase Ω_{X_i} .

$$P(x_i | Pa(x_i)) = \frac{n(x_i, Pa(x_i)) + 1}{n(Pa(x_i)) + |\Omega_{x_i}|} \quad (\text{ec. 1})$$

Atributos Numéricos: para calcular las distribuciones de los atributos numéricos, se aplica la distribución a la cual pertenezca. UD-CLEAR trabaja con cuatro distribuciones de probabilidad. Normal, Gamma, Exponencial y Lognormal. Para obtener información más detallada consultar [10]. En la Tabla 2 se presenta un ejemplo de un conjunto de datos, a partir de estos se generará la red bayesiana.

Tabla 2. Ejemplo de un conjunto de datos.

Casa propia	Cuentas	Crédito
-------------	---------	---------

Casa propia	Cuentas	Crédito
Si	2	Si
No	3	Si
Si	4	Si
Si	6	Si
Si	0	No
No	1	No
?	2	No
Si	?	No

La tabla de probabilidades para el atributo nominal aplicando la ley de la sucesión de Laplace queda como se ilustra en la Tabla 3. Para el atributo numérico, la tabla de distribuciones de probabilidad queda representada en la Tabla 4, asumiendo que el atributo tiene una distribución de tipo normal⁴⁰. Cuando se asume que la distribución es de tipo normal, primero se calculan los parámetros media y desviación típica condicionadas a cada valor de la clase, luego se calcula como tal la distribución normal de cada valor que tome el atributo, de acuerdo a cada valor de la clase. La distribución a priori del atributo clase se encuentra ilustrada en la Tabla 5, esta se calcula llevando a cabo el conteo de cada valor de clase y dividiéndolo por el número total de instancias. Teniendo las tablas de probabilidad de todos los atributos y la distribución a priori de la clase, se construye en su totalidad la red bayesiana.

Tabla 3. Tabla de Probabilidad del atributo “casa propia”

P(casa propia credito)	C=Si	C=No
Si	0.66	0.6
No	0.33	0.4

Tabla 4. Tabla de Probabilidad para el atributo “cuentas”

Valor	C=Si	C=No
2	0.13	0.24
3	0.21	0.054
4	0.23	0.0044
6	0.098	1.54E-6
0	0.021	0.24
1	0.064	0.39

⁴⁰ Se recomienda utilizar una herramienta estadística como SPSS para determinar la función de distribución de probabilidad de los datos.

Tabla 5. Tabla de Probabilidad a priori de la clase

P(credito)	valor
Si	0.5
No	0.5

✦ **Aplicación del algoritmo EM.** Con la red bayesiana construida se puede inicializar el conjunto de parámetros en la primera fase del algoritmo. Luego se procede a la fase iterativa, que se explica a continuación (Tabla 6). En la etapa de inicialización de parámetros (Etapa 0), a aquellas instancias donde se encuentran datos faltantes, se establecen los posibles valores que pueden tomar con su respectiva probabilidad, la cual se extrae de la red bayesiana. En las instancias donde no se encuentran valores faltantes se establece una ponderación de uno.

Tabla 6. Iteración en el algoritmo EM

Casa p.	Credito	E=0	E=1	E=2
Si	Si	1	1	1
No	Si	1	1	1
Si	Si	1	1	1
Si	Si	1	1	1
Si	No	1	1	1
No	No	1	1	1
Si	No	0.6	0.65	0.662
No	No	0.4	0.35	0.337
Si	No	1	1	1

La siguiente etapa se encarga de maximizar los parámetros ya inicializados (Tabla 7a). Se ilustrará la forma de realizarlo con el atributo “casa propia”. Los nuevos valores se estiman calculando la esperanza (valor entre paréntesis) de cada valor con respecto a la clase, y posteriormente dividiéndolo por la sumatoria de la clase correspondiente (Tabla 7b). Con esto se obtiene un nuevo valor (maximizado) que se actualiza y se maximiza hasta su convergencia, en el ejemplo se supone que la convergencia se alcanza en la etapa 2. En cada instancia que posea un valor faltante estarán especificados en la ultima etapa, valores de probabilidad para cada posible valor con el que se puede rellenar; para esto, se escoge el que mayor probabilidad tenga. Por ejemplo, para la única instancia con un valor faltante se escoge el valor “Si” para rellenar, ya que este es el que cuenta con un valor de probabilidad más alto (0.662) en la ultima etapa. Para rellenar atributos de tipo numérico se realiza en forma similar al ejemplo, es decir como si fuese un atributo nominal, tomando como posibles valores todos aquellos que aparezcan en la base de datos.

Tabla 7. Maximización

P(casa p credito)	C=Si	C=No	P(casa p credito)	C=Si	C=No
Si	(3)0.75	(2.6)0.65	Si	(3)0.75	(2.65)0.662
No	(1)0.25	(1.4)0.35	No	(1)0.25	(1.35)0.337

(a) etapa 1

(b) etapa 2

P(credito)	
Si	(4) 0.5
No	(4) 0.5

(c)

1.2 Selección de Atributos. La selección de atributos se hace con el fin de crear una nueva colección de datos con los atributos más relevantes que representen a los datos originales sin perder información, y que permita posteriormente realizar un modelo lo más comprensible posible. Con la selección de atributos se espera conseguir mejor desempeño en el proceso de Minería de Datos. La técnica implementada en UD-CLEAR para llevar a cabo la selección de atributos son los árboles de decisión. Esta técnica es reconocida en el ámbito de la Minería de Datos como clasificador, pero también se puede utilizar para seleccionar atributos, a fin de reducir la dimensionalidad en un conjunto de datos. Las dos partes fundamentales para llevar a cabo esta tarea como son: generar el árbol (ver Tabla 8), y a partir de este generar las reglas. Este procedimiento se describe a continuación.

✦ **Generación del árbol de decisión.** Un árbol de decisión es una representación en el que cada conjunto de posibles conclusiones se establece implícitamente mediante una lista de muestras de clase conocida [13]. Un árbol de decisión está compuesto por nodos y arcos; los nodos representan un atributo específico de los datos, y los arcos representan los posibles valores para ese atributo. Por esta razón, los árboles de decisión solo trabajan con atributos nominales⁴¹, de tal forma que es necesario discretizar atributos numéricos si se pretende trabajar con estos, aunque es necesario mencionar que existen algoritmos como el C4.5 que son capaces de trabajar con este tipo de atributos.

Tabla 8. Pseudo-código Algoritmo generar árbol de decisión

```

GENERAR_ARBOL (Arbol, nodo)
Para cada (valor_atributo (nodo))
    p = generar_nueva_particion_de_datos (nodo, valor_atributo (nodo))
    desorden = desorden (p)
    SI (desorden == verdadero)
        a=atributo_menor_desorden (p)
        Adicionar_hijo (Arbol, a, p)
        GENERAR_ARBOL (Arbol, a)
    SINO
        Crear_hoja (Arbol,nodo, valor_clase (p))
Fin Para cada
Fin GENERAR_ARBOL
    
```

⁴¹ Un atributo nominal (también llamado categórico), incluye valores lógicos o booleanos, con valores prefijados o abiertos.

Para construir árboles de decisión se utiliza una fórmula proporcionada por la teoría de la información que permite estimar el desorden promedio en una base de datos (ec. 2), también conocida como entropía.

$$desorden = \sum_b \left(\frac{n_b}{n_t} \right) \times \left(\sum_c - \frac{n_{bc}}{n_b} \log_2 \frac{n_{bc}}{n_b} \right) \quad (\text{ec. 2})$$

Donde: n_b es el número de muestras del atributo b, n_t el número total de muestras, y n_{bc} el número total de muestras del atributo b pertenecientes a la clase c.

En la Tabla 9 se presenta un ejemplo (extraído del repositorio de la Universidad de California) con el cual se construye el árbol de decisión, utilizando el desorden promedio. Con esta medida se pretende seleccionar los atributos más importantes que permitan determinar si se puede jugar o no al tenis, por lo tanto, este atributo será la clase. Utilizando la ecuación 2 se genera en primera instancia la raíz del árbol con el atributo que menos desorden posea. Los atributos con su respectivo desorden son: Estado = 0.604, Humedad = 0.788, Viento = 0.857.

De acuerdo a lo anterior, la raíz del árbol de decisión será el atributo “estado”. Como se mencionó, los arcos de un nodo son los posibles valores del atributo que representa ese nodo, en consecuencia, los arcos serán los valores soleado, lluvia y nublado.

Tabla 9. Ejemplo de Selección de Atributos

Estado	Humedad	Viento	Juego Tenis
Soleado	Alta	Leve	No
Soleado	Alta	Fuerte	No
Nublado	Alta	Leve	Si
Lluvia	Alta	Leve	Si
Lluvia	Normal	Leve	Si
Lluvia	Normal	Fuerte	No
Nublado	Normal	Fuerte	Si
Soleado	Alta	Leve	No

Estado	Humedad	Viento	Juego Tenis
Soleado	Normal	Leve	Si
Lluvia	Normal	Leve	Si
Soleado	Normal	Fuerte	Si
Nublado	Alta	Fuerte	Si
Nublado	Normal	Leve	Si
Lluvia	Alta	Fuerte	Si

Para seguir construyendo el árbol se realizan particiones en cada arco dependiendo el valor de este. En la Tabla 10 se presenta la partición del arco correspondiente al valor “lluvia”, esto no es más que las instancias donde coincide este valor en el atributo “estado”. Para generar el nodo hijo correspondiente a este arco, se vuelve a estimar el desorden promedio de los atributos sin incluir a sus ancestros, en este caso el nodo raíz. Esto se lleva a cabo cuando la partición está en desorden, es decir que el atributo clase tiene más de un valor. Cuando la partición no está en desorden, la clase solo posee un valor en todas sus instancias, entonces se genera un nodo hoja con el atributo clase y con el valor que este atributo posee. En el caso de la partición de la Tabla 10, se genera de nuevo el desorden promedio de los atributos, ya que está en desorden. Los nuevos valores quedan de la siguiente manera: Humedad = 0.55, Viento = 0.4. Al igual que raíz, se selecciona el atributo con menor desorden para generar el nuevo nodo, siendo en este caso el atributo “viento”. Este proceso se repite recursivamente hasta que se complete el árbol. En la Figura 1 se observa el árbol de decisión generado en su totalidad.

★ **Generación de reglas a partir del árbol de decisión.** Las reglas que se generan a partir del árbol son de la forma “*Si (antecedente) – entonces (consecuente)*”. Por cada rama o nodo hoja que exista en el árbol se genera una regla de la siguiente forma: 1) el consecuente de la regla será el atributo clase con su correspondiente valor, y 2) cada nodo ancestro de un nodo hoja será un antecedente de la forma “*atributo = valor*”. Por ejemplo, para la rama más a la izquierda del árbol se deduce la regla siguiente:

SI Estado = Lluvia Y Viento = Fuerte Y Humedad = Alta ENTONCES JuegoTenis = Si **(Regla 1)**

Con el conjunto de reglas generado en su totalidad, se seleccionan los atributos más relevantes, de la siguiente forma: se establece un porcentaje de selección, por ejemplo, si el porcentaje es del 60%, se seleccionarán aquellos atributos que se encuentren por lo menos en los antecedentes del 60% del total de las reglas.

Una desventaja de emplear árboles de decisión, es el sobreajuste en los datos; el cual se presenta por la existencia de ruido o cuando el número de ejemplos de entrenamiento es muy pequeño para producir una muestra representativa [8].

Tabla 10. Primera partición del árbol

Estado	Humedad	Viento	Juego Tenis
Lluvia	Alta	Leve	Si
Lluvia	Normal	Leve	Si
Lluvia	Normal	Fuerte	No
Lluvia	Normal	Leve	Si
Lluvia	Alta	Fuerte	Si

Figura 1. Árbol de decisión completo



1.3 Transformación. En la transformación de datos se encuentran todas aquellas técnicas en las cuales la colección de datos inicial sufre alguna modificación. El propósito fundamental de transformar datos, es brindar a estos características especiales que son necesarias en la construcción de algunos modelos de minería. Un ejemplo claro son las redes neuronales, que solo trabajan con atributos de tipo numérico, o los árboles de decisión, que trabajan solo con atributos de tipo nominal⁴². La principal transformación que lleva a cabo UD-CLEAR consiste en convertir el tipo de dato de los atributos. Por ejemplo, convertir un atributo de tipo nominal a uno de tipo numérico y viceversa; a través de la numerización y la discretización respectivamente. - La numerización se realiza a partir de Variables Dummy para transformar un atributo de tipo nominal a numérico. La numerización consiste en la creación de varias variables indicadoras, *flag o dummy*. Si una variable nominal x tiene posibles valores $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ se crean n variables numéricas, con valores 0 o 1, dependiendo de si la variable nominal toma ese valor o no [5]. - La discretización más sencilla (“simple binning”) es aquella que realiza intervalos del mismo tamaño utilizando el mínimo y el máximo valor como referencia [5]. UD-CLEAR utiliza la técnica del simple binning aplicando la Ecuación 3 para encontrar el valor del intervalo con el que se construyen los bins.

$$Intervalo = \frac{Maximo - Minimo}{\#bins} \quad (ec. 3)$$

Otro tipo de transformación que utiliza UD-CLEAR es la normalización, donde los atributos son reducidos a un rango específico más pequeño [3]. UD-CLEAR utiliza la normalización de máximos y mínimos (ec. 4); aunque existen otros métodos, por ejemplo, el z-score y la normalización por

⁴² Se aclara que el árbol de inducción C4.5, permite la representación de atributos numéricos y nominales

reducción decimal.

$$v' = \frac{(v - \min)}{(\max - \min)} (new_max - new_min) + new_min \quad (\text{ec. 4})$$

Por otro lado, UD-CLEAR proporciona un método para detectar valores anómalos (ec. 5), basado en una aproximación estadística. El problema principal con esta técnica, es asumir la distribución a priori de los datos. En los casos reales esta distribución no se conoce y se debe tener precaución al utilizarla [6]. La Ecuación 5 establece un umbral máximo y mínimo utilizando la media y desviación estándar de los datos. Cualquier valor que sobrepase estos umbrales es considerado anómalo. Se puede Consultar [1] para más información sobre los parámetros descritos en la Ecuación 5. Los datos anómalos detectados son transformados a valores faltantes, para posteriormente rellenar utilizando el algoritmo EM. Este proceso queda a consideración del minero de datos, ya que un valor anómalo no necesariamente es un dato erróneo o inconsistente, por lo tanto puede conducir a perder información relevante al problema.

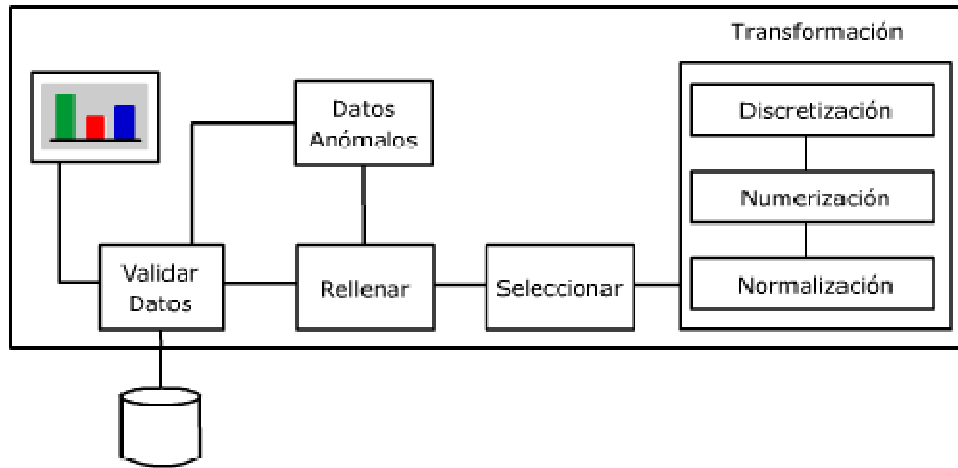
$$umbral = media \pm 2 \times desviacion \quad (\text{ec. 5})$$

2 ARQUITECTURA DE UD-CLEAR

En la Figura 2, se ilustra la arquitectura del modelo de preprocesamiento utilizado por UD-CLEAR. La herramienta obtiene los datos de archivos tipo texto (*.TXT) que cuenta con un formato especial, y lo primero que se hace es validar los datos; si encuentra algún tipo de error, lo notifica al minero, de lo contrario se cargan los datos y se activan las opciones de preprocesamiento. El flujo básico utilizado en UD-CLEAR para preprocesar datos es en primera instancia rellenar valores faltantes y tratar los datos anómalos, posteriormente se reduce la dimensionalidad, y por último se realizan las tareas de transformación (numerización, discretización y normalización), según seleccione el minero. Cabe aclarar que UD-CLEAR no realiza las tareas automáticamente, es el minero de datos quien decide que filtro aplicar o no, de acuerdo a las necesidades del problema.

Figura 2. Arquitectura de UD-CLEAR

UD-CLEAR



3 PRUEBAS Y RESULTADOS

Las pruebas se centran en la selección de atributos y relleno de valores faltantes, debido a que son las tareas más críticas en el preprocesamiento. Para realizar las pruebas se utilizó diez conjuntos de datos (ver Tabla 11) en su mayoría extraídos del repositorio de la Universidad de California. Las pruebas se han realizado sobre un AMD Athlon 64 de 2.0 GHz.

3.1 Prueba de relleno de valores faltantes. Como el algoritmo EM utiliza el Naïve Bayes como punto de partida para rellenar valores faltantes, en la Tabla 12 se relaciona la efectividad de este método como clasificador en cada uno de los ejemplos, comparándolo con el Perceptron Multicapa implementado en WEKA y utilizando como test el conjunto completo de entrenamiento. Por razones de espacio en el artículo no se puede mostrar cada uno de los valores con que relleno el algoritmo EM en las pruebas realizadas a los conjuntos de entrenamiento que contienen valores faltantes, por tal motivo en la Tabla 13 solo se observan los valores de relleno para el conjunto de datos Census-Income.

Se puede distinguir que la ventaja que tiene el algoritmo EM sobre otros métodos, por ejemplo el relleno con la media y moda, es que no se utiliza un único valor para rellenar, como se puede ver en el atributo “occupation”. En este atributo existen diferentes valores de relleno para cada clase, de hecho, el algoritmo EM encuentra el mejor valor para rellenar cada atributo dependiendo como se clasifique la instancia en la que se encuentra el valor faltante, aunque en algunos casos el valor se aplique a varias o todas las clases que posea el problema, como es el caso de los atributos “workclass” y “Native-Country”, que poseen un mismo valor para las dos clases.

Tabla 11. Información de los datos de prueba

Nombre	No. Instancias	Atributos Nominales - Reales	Clases	Valores faltantes
Weather nominal	14	4 – 0	2	No
Contact lenses	- 24	4 – 0	3	No

Soybean	683	35 – 0	19	Si
Tic-Tac-Toe	958	9 – 0	2	No
Bolsa	1262	2 – 9	2	No
Agaricus	8124	22 – 0	2	Si
Nursery	12960	8 – 0	5	No
Chess	28056	6 – 0	18	No
Census Income	32561	8 – 6	2	Si
Connect-4	67557	42 – 0	3	No

Tabla 12. Efectividad del clasificador Naïve Bayes y Perceptron Multicapa

Nombre	Naïve Bayes	Tiempo en segundos	Perceptron Multicapa	Tiempo en segundos
Weather nominal	92%	1	100%	1
Contact lenses	95%	1	91%	1
Soybean	86%	2	64%	11
Tic-Tac-Toe	69%	2	98%	4
Bolsa	53%	2	83%	3
Agaricus	95%	5	99%	122
Nursery	90%	3	85%	63
Chess	36%	8	24%	345
Census Income	83%	15	84%	409
Connect-4	72%	82	75%	1278

Tabla 13. Relleno de valores faltantes en Census - Income

Clase	Atributo		
	workclass	Occupation	Native -country
>50K	Private	exec-managerial	United States.

<=50K	Private	adm-clerical	United States..
-------	---------	--------------	-----------------

La complejidad computacional del algoritmo EM, esta dada por el número de iteraciones requeridas para que se de la convergencia [4]. En las pruebas hechas la convergencia se logró en promedio entre la quinta y décima iteración. Debido a que para poder aplicar el algoritmo EM es necesario tener una estructura de Red Bayesiana definida, el tiempo empleado para rellenar (ver Tabla 14) también incluye la generación del Naïve Bayes, por lo que los tiempos pueden ser altos en algunos conjuntos de datos, especialmente si poseen numerosos valores posibles para los atributos o la clase.

Tabla 14. Tiempo empleado para rellenar los ejemplos

Nombre	Tiempo en segundos
Soybean	2
Agaricus	2
Census - Income	8

3.2 Prueba de selección de atributos. En la Minería de Datos los Árboles De Decisión han sido utilizados originalmente como clasificadores. En este caso se utilizan para seleccionar los atributos más relevantes en un conjunto de datos, sin embargo, es interesante saber la efectividad que se obtiene en el test al utilizarlo como clasificador. Los resultados se observan en la Tabla 15.

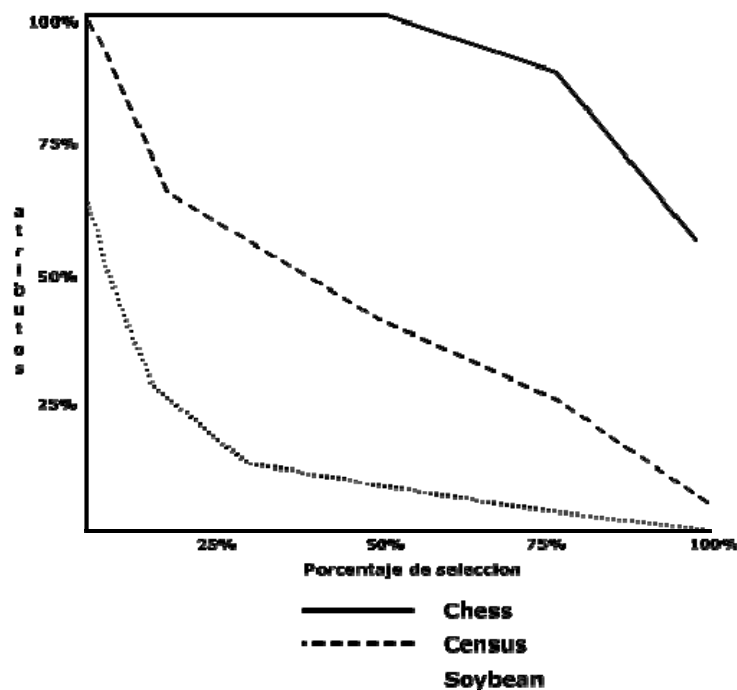
Tabla 15. Efectividad del Árbol De Decisión como clasificador

Nombre	Árbol de Decisión
Weather nominal	100%
Contact lenses -	100%
Soybean	91%
Tic-Tac-Toe	90%
Bolsa	71%
Agaricus	99%
Nursery	92%
Chess	52%

Census Income	-	86%
Connect-4		80%

La Figura 3 muestra el comportamiento de 3 de los 10 ejemplos de acuerdo al porcentaje de selección establecido y al porcentaje de atributos seleccionados. Con estos tres ejemplos se explicarán tres comportamientos diferentes que se presentan al seleccionar atributos con árboles de decisión.

Figura 3. Pruebas de selección de atributos



✦ **Soybean.** Este conjunto de datos muestra un comportamiento en el que se selecciona un bajo porcentaje de atributos a mayor porcentaje de selección, y el máximo de atributos seleccionados no excede el 70%. La explicación se debe a que las instancias no cubren el total de espacio de los atributos, es decir, las 683 instancias que tiene este ejemplo no son suficientes para cubrir todas las posibles combinaciones que se pueden presentar. A este problema se le ha llamado *la maldición de la dimensionalidad*, y debido a este, los patrones que posteriormente se extraen en la etapa de Minería de Datos pueden ser incorrectos o poco útiles, ya que no tienen la cantidad de datos en donde apoyarse para tomar determinada forma, para más información consultar [5]. Otros ejemplos que también presenta este comportamiento es el Connect-4 y Agaricus.

✦ **Chess.** El comportamiento que presenta estos datos es totalmente opuesto al conjunto de datos Soybean, pues en este se cubre la mayor cantidad de espacio de los atributos. Lo que significa que la mayoría de datos son relevantes y solo se empieza a eliminar con un porcentaje de selección alto. Este conjunto de datos teóricamente provee todos los datos necesarios para crear modelos robustos y útiles que puedan extraer patrones y conocimiento relevante, aunque con

un mayor coste computacional. Otros conjuntos de datos se apegan a este comportamiento son el Tic-Tac-Toe y el Nursery.

✦ **Census.** Este ejemplo presenta un comportamiento equilibrado debido en parte a que son datos extraídos de bases de datos reales y con una cantidad considerable de instancias. En la práctica, estos conjuntos de datos serían los más apropiados para realizar selección y posteriormente Minería de Datos, ya que generar modelos con conjuntos de datos que cubra todo el espacio de dimensiones es bastante costoso computacionalmente, teniendo en cuenta el volumen creciente de las bases de datos. De la misma forma, aplicar Minería a conjuntos de datos muy pequeños que no puedan cubrir un espacio de dimensiones adecuado al problema, generaría patrones irrelevantes o incorrectos. Otro ejemplo de este comportamiento lo presenta el conjunto de datos Bolsa.

En la Tabla 16 se presenta el coste computacional al seleccionar atributos en cada uno de los ejemplos. Se observa que a mayor número de instancias el tiempo crece, sin embargo, esto en algunas ocasiones puede ser relativo, ya que el coste computacional al generar el árbol de decisión está más relacionado con el desorden promedio que se presente en los datos.

Tabla 16. Tiempo empleado para seleccionar atributos

Nombre	Tiempo en segundos
Weather nominal	1
Contact - lenses	1
Soybean	2
Tic-Tac-Toe	2
Bolsa	2
Agaricus	2
Nursery	2
Chess	35
Census - Income	15
Connect-4	366

3.3 UD-CLEAR vs. WEKA. WEKA es una herramienta para Minería de Datos de libre distribución desarrollado en la Universidad de Waikato en Nueva Zelanda. Comparando el rendimiento de las dos herramientas, se pueden establecer:

✦ WEKA proporciona más opciones para la selección de atributos con árboles de decisión, pero el costo computacional es considerablemente mayor. Por ejemplo, seleccionando atributos en Census, WEKA tarda aproximadamente 12 minutos, mientras que UD-CLEAR tarda alrededor de 14 segundos. Los atributos seleccionados

son similares, solo difieren en 2. Estos dos atributos de diferencian son de una relevancia baja, por consiguiente no afecta considerablemente el proceso de minería.

- ✦ UD-CLEAR proporciona el mismo procedimiento que WEKA para el relleno de valores faltantes, promedio y moda. Además, UD-CLEAR cuenta con una técnica predictiva más sofisticada y precisa para solucionar este problema (Algoritmo EM).

- ✦ WEKA no identifica ni trata valores anómalos, mientras que UD-CLEAR proporciona una aproximación estadística que puede ser de utilidad si se aplica correctamente.

4. CONCLUSIONES

- ✦ Se estableció un flujo básico operacional para realizar preprocesamiento de datos, que consiste en primera medida en tratar datos anómalos y faltantes, posteriormente seleccionar atributos o reducir dimensionalidad, y por último transformar los datos de forma adecuada para la utilización de diferentes modelos de Minería.

- ✦ La selección de atributos y el relleno de valores faltantes son los aspectos más críticos en la etapa de preprocesamiento, por tanto se debe tener cuidado en el tratamiento de estos problemas y especialmente en la técnica utilizada; aunque, los verdaderos resultados se apreciarán cuando se realice minería como tal.

- ✦ Se comprobó la efectividad de los métodos bayesianos utilizados en el relleno de valores faltantes; sin embargo se recomienda tener especial cuidado con la selección de la computadora para ejecutar esta tarea, dado que el costo computacional de estos métodos puede llegar a ser alto⁴³.

- ✦ Utilizar Árboles de decisión para seleccionar atributos es una buena alternativa debido a que es una técnica reconocida en el ámbito de la Minería de Datos, aunque su eficiencia no es tan alta como otras técnicas, por ejemplo Redes Neuronales; tiene como ventaja que es una técnica sencilla de implementar y de relativo bajo coste computacional. Además, es una técnica expresiva y simple de entender, comparándola por ejemplo con el Análisis de Componentes Principales, que quizá es la técnica más conocida para seleccionar características, pero que adolece de ser un proceso arduo y poco representativo para el Minero de datos. Del mismo modo, no se puede comparar directamente los resultados obtenidos por el Análisis de Componentes Principales ya que esta técnica solo trabaja con valores numéricos, debido a que aplica un proceso de normalización y los resultados no los presenta con los atributos originales, es decir realiza una reducción de la dimensionalidad bajo el criterio de transformar los datos.

- ✦ El algoritmo EM es una técnica que hay que tener en cuenta a la de rellenar valores faltantes. Si bien es cierto que es mejor que otros procedimientos, el implementarlo con el Naïve Bayes genera las deficiencias propias de dicho clasificador, ya que este asume independencia entre los atributos.

- ✦ Seleccionar atributos con Árboles de Decisión implica conocer en buena parte la estructura de los datos, si estos no cubren un espacio de dimensiones adecuado al problema, los resultados pueden no ser de la utilidad que se desea.

5. TRABAJOS FUTUROS

⁴³ Está teóricamente comprobado que los métodos bayesianos tienen mayor complejidad computacional, comparado por ejemplo con modelos neuronales artificiales.

- ✦ Implementar técnicas de poda más efectivas en la construcción del árbol de decisión y de las reglas, con el fin de mejorar el rendimiento en la selección de atributos sin perder precisión.
- ✦ Implementar un algoritmo que permita estimar de forma más adecuada el número de bins y sus intervalos, para la discretización de atributos, por ejemplo, el método de Fayyad & Irani.
- ✦ Implementar otros clasificadores bayesianos (TAN, BAN, ..), en los cuales se tenga en cuenta la dependencia entre los atributos; y de esta forma lograr una mejor clasificación.

6. TRABAJOS RELACIONADOS

En el campo de la Minería de Datos y especialmente en la etapa de Preprocesamiento, existen herramientas desarrolladas como MineSet 3.0, DB2 Intelligent Miner (IBM) o el SPSS Clementine, todas ellas propietarias. Sin embargo, existen herramientas y bibliotecas de libre distribución como WEKA, que es una suite de Minería de Datos desarrollada en la Universidad de Waikato (Nueva Zelanda) que contiene gran cantidad de algoritmos implementados para el preprocesamiento, clasificación, agrupamiento, etc. O la librería Xelopes que esta disponible para C++ y Java.

REFERENCIAS

1. Berenson, M., Levine, D. y Krehbiel, T. Estadística para Administración. Estados Unidos: Prentice Hall, 2001, p. 116.
2. Berthold, M. and Hand, D. Intelligent Data Analysis. Germany: Springer, 2003, p. 132.
3. Han, J. y Kamber, M. Data Mining: Concepts and Techniques. United States: Morgan Kaufmann, 2001, pp. 114-116.
4. Hand, D., Mannila, H. and Smyth, P. Principles of Data Mining. United States: The MIT Press, 2001, p. 263.
5. Hernández, J., Ramirez, M. y Ferri, C. Introducción a la Minería de Datos. España: Prentice Hall, 2004, p. 276, 92, 91,79.
6. Kantardzic, M. Data Mining: concepts, models, methods, and algorithms. United States: Wiley – Interscience, 2001, pp. 33-35.
7. Mena, J. Data Mining your Website. United States: Digital Press, 1999, p. 133.
8. Mitchell, T. Machine Learning. United States: McGraw Hill, 1997, pp. 66-67.
9. Montgomery, D. y Runger, G. Probabilidad y Estadística Aplicadas a la Ingeniería. México: Limusa Wiley, 2002, p. 74.
10. Mood, A., Graybill, F. and Boes, D. Introduction to the Theory of Statistics. United States: McGraw Hill. 1974, pp. 540-541.

11. Pyle, D. Data Preparation for Data Mining. United States: Morgan Kaufmann, 1999, p. 90.
12. Russell, S. y Norvig, P. Inteligencia Artificial. Un enfoque moderno. México: Prentice Hall, 1996, pp. 454-455.
13. Winston, P. Inteligencia Artificial. Estados Unidos: Addison Wesley, 1994, p. 457.

Un enfoque pragmático para aplicar tecnologías de análisis estático a la calidad del software

**Agustín Cernuda del Río, Cristina González Muñoz, Daniel Gayo Avello,
Jose Emilio Labra Gayo, Juan Manuel Cueva Lovelle**

Universidad de Oviedo⁴⁴

Asturias, España

guti@uniovi.es / cristi.gm@gmail.com / {dani, labra, cueva}@uniovi.es

ABSTRACT

Using unit or system tests for defect finding is a well known practice in the software development industry. However, the use of tools that statically analyze the source code with that same goal is not so usual, in spite of research work carried out for more than three decades. The foundations of static analyzer development have been being successfully applied in optimization of code generated by compilers, in the computation of software metrics (such as cyclomatic complexity or cohesion / coupling levels) or for the verification of coding style, but not so often as a means for detecting defects at compile time in the development of general purpose software.

The goals of this paper are to show a prototype of a source code static analyzer, describing its implementation strategy, and to present an experience of applying it to production code.

Keywords: Static analysis, defect finding, source code, software quality, software development.

RESUMEN

La industria de la construcción de software está familiarizada con el uso de pruebas unitarias o de sistema para encontrar defectos. Sin embargo, el uso de herramientas que analicen de forma estática el código con ese mismo fin no está muy extendido, a pesar de que existen líneas de investigación desde hace más de 30 años. Las bases para desarrollar analizadores estáticos se han venido aplicando con éxito en las fases de optimización de código generado en compiladores, en algún caso para fines como la obtención de métricas (tales como complejidad ciclomática o nivel de cohesión y acoplamiento) o para realizar comprobaciones de estilo en la codificación, pero no tanto como medios para la detección de errores en tiempo de compilación en software de propósito general.

La intención de este artículo es mostrar un prototipo de analizador estático de código, orientado a su implementación, y exponer una experiencia de aplicación a código en producción.

Palabras claves: Análisis estático, búsqueda de defectos, código fuente, calidad del software, desarrollo de software.

⁴⁴ Este trabajo ha sido financiado por Seresco, S.A. y el Principado de Asturias en el marco de la convocatoria de Proyectos de Investigación Concertada 2004-2006 (ref. PC04-39).

1. INTRODUCCIÓN

A pesar de que existen líneas de investigación antiguas y bien definidas [29, 40] el problema del análisis estático sigue considerándose muy complejo en su aplicación práctica. Una de las principales trabas para la verificación y validación de software que permita detectar errores en tiempo de compilación es la enorme complejidad inherente al problema de evaluar todas las líneas de ejecución posibles. Como posible solución, cabe obtener un modelo simplificado de un programa, que recoja una parte significativa de la semántica del mismo pero a un nivel de abstracción más alto, que permita su computación. De este modo se vuelve posible simular el comportamiento del programa y detectar errores que surgirían en tiempo de ejecución (al menos los que tengan relación con la porción de semántica que se conserva en dicho modelo). Siguiendo esta línea se han desarrollado modelos matemáticos basados en interpretación abstracta [30, 31] para el análisis estático donde se llega a alcanzar una precisión completa, así como diversas aplicaciones para analizar programas java [34, 39, 33, 35] o código gestionado .NET [36].

Rutar, Almazan y Foster realizan en [42] una comparativa entre herramientas que utilizan distintas técnicas para el análisis estático, como pueden ser la detección de patrones de errores o el análisis de flujo de datos. En dicho trabajo se muestra el comportamiento de cada una de ellas frente a un pequeño ejemplo y se analizan los falsos positivos (encontrar algún defecto en un código que es correcto) y falsos negativos (no detectar un código incorrecto) que surgen. Para dicho ejemplo se muestra cómo herramientas en cuyas especificaciones se contempla la detección de un tipo concreto de error no muestran ninguna advertencia al respecto, y cómo cada una de ellas detecta distintos defectos en el código, dependiendo de los algoritmos que implementa. Frente a un enfoque tradicional más riguroso y menos flexible, que intenta aplicar sólo algoritmos correctos y completos, podemos entender el análisis estático como una herramienta complementaria que nos ayuda a generar código con mayor calidad [38, 43], aun cuando no se garantice que el programa analizado esté completamente libre de errores.

Nuestro planteamiento, en esta línea, se inscribe en un enfoque más práctico que teórico, experimentando sobre código en producción escrito en Java y planteando algoritmos que, aunque no son completos, permiten encontrar defectos en el código con un peso computacional bajo. Al no ser completos, surgen tanto falsos positivos como falsos negativos. Esto puede deberse, por una parte, a la complejidad de la simulación del código en ejecución y a las limitaciones que esto plantea en el proceso de análisis. También a que el analizador desconoce la lógica del código y puede señalar ciertos patrones como problemáticos siendo, no obstante, válidos. Veremos ejemplos de falsos positivos y falsos negativos durante el desarrollo de los distintos algoritmos planteados.

2. ARQUITECTURA

El primer paso para realizar un analizador estático de código es construir una representación interna del código fuente (Fig. 1), de manera similar a como lo hace el *front-end* de un compilador. Se realiza un análisis léxico y sintáctico del código, mediante cualquiera de las herramientas existentes para este fin [27] y, a partir de ahí, construir un árbol sintáctico abstracto (AST) con el que se obtendrá una representación interna del código fuente independiente del lenguaje de programación utilizado. El siguiente paso será decorar el árbol con información semántica útil para el posterior proceso de análisis del código (tal como los tipos de los distintos símbolos existentes en el programa de entrada). Para ello se construye una tabla de símbolos.

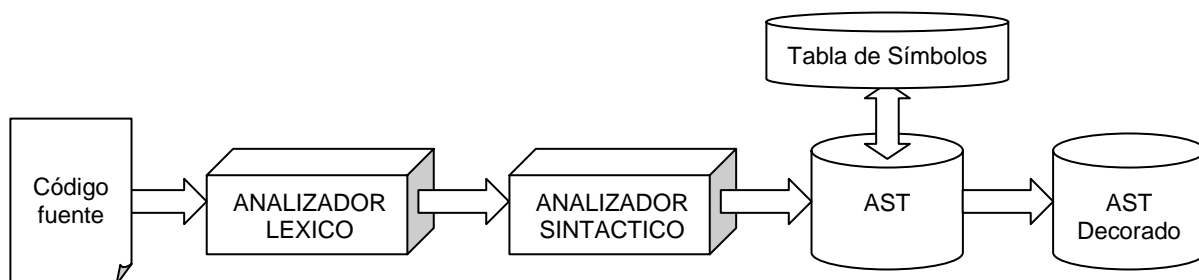


Fig. 1. Proceso inicial en la construcción del analizador estático

Una vez construido el AST con su tabla de símbolos asociada, los algoritmos encargados del análisis recorren el árbol generado buscando posibles anomalías en el código. La aplicación del patrón de diseño *Visitor* [37] parece una solución natural.

Existen diversas categorías dentro del análisis estático dependiendo del tipo de posible error que queramos localizar. Cabe mencionar algunas de ellas:

Análisis del flujo de control: Como su nombre indica, son análisis relacionados con el flujo de las estructuras de control del programa de entrada. Mediante estos algoritmos se pretende comprobar aspectos como la existencia de código que no es alcanzable desde ningún punto del programa o posibles anomalías en la ejecución de bucles.

Análisis del uso de los datos: En esta categoría se realizan comprobaciones como detectar el uso de variables que no se han inicializado apropiadamente, detectar la declaración o definición de variables que posteriormente no se usan o detectar la definición de una variable dos veces sin existir un uso de la variable entre las asignaciones (redefinición).

Análisis de interfaces: Este tipo de análisis comprueba la consistencia entre la declaración de un método y su uso.

3. APLICACIÓN DEL PROTOTIPO

Con arreglo a las consideraciones anteriores se ha desarrollado un prototipo, escrito en lenguaje C# sobre la plataforma .NET, en el proyecto que hemos denominado ATACS (Aplicación de Tecnologías de Análisis estático a la Calidad del Software). Para validar la implementación, se ha trabajado en coordinación con la empresa de desarrollo de software Seresco [44], que ha facilitado código fuente real de aplicaciones en desarrollo, así como requisitos de calidad. Esta empresa construye software mediante herramientas de desarrollo propias, con una alta tasa de generación de código a partir de plantillas o *bases de generación* (más del 75% en algunas de sus aplicaciones estándar). Esto tiene dos consecuencias:

- a. Cualquier defecto reviste especial interés porque, si estaba en las bases de generación de código, su erradicación puede conllevar la corrección automática de ese defecto en cientos de funciones de los programas, simplemente con regenerarlos.
- b. Como contrapartida, es bastante difícil encontrar tales defectos, porque los procedimientos de control de calidad de la empresa son rigurosos, y las bases de generación se han probado y depurado repetidamente a través de los muchos programas que las reutilizan.

Análisis del uso de los datos

Para resolver el problema del análisis del uso de los datos se puede recurrir a la teoría sobre el análisis del flujo de datos, muy útil para realizar optimizaciones, pero que también tiene su aplicación práctica dentro de los analizadores estáticos de código [41]:

- Una variable se considera *definida* en un punto concreto del programa cuando se define (se le asigna un valor) por todas las ramas que llegan hasta ese punto.
- Una variable se considera *utilizada* al alcanzar un determinado punto cuando desde alguna de las ramas que llegan hasta allí se ha utilizado.
- Una variable se considera *redefinida* cuando se produce una nueva definición sin existir ningún uso entre una definición anterior y la actual. En caso de haber varias ramas, se considera redefinición si por cualquiera de ellas se define una variable y no existe uso hasta la próxima definición.

En la implementación del prototipo se han asumido ciertas limitaciones. Los análisis se centran en el ámbito del propio método, de modo que se omite la interacción entre los distintos métodos y la influencia que puedan tener las invocaciones a otros métodos dentro del análisis individual. (Una consecuencia de esto es la imposibilidad de detectar posibles usos de referencias *null* cuando la variable referencia se define asignándole el retorno de un método que pueda devolver *null*). Por otra parte, tampoco se controlan por ahora las referencias a memoria, de modo que la definición de una variable se considera distinta de otra cuando tienen identificadores distintos (aunque puedan estar apuntando al mismo elemento) y no se diferencia entre las distintas posiciones de las que consta un *array*.

En la realización del algoritmo se utiliza una estructura de datos auxiliar que almacena, para cada variable declarada, el estado en el que se encuentra: si está definida o se le ha asignado un valor *null*, si se ha utilizado, etc. Mediante el patrón *Visitor* se actualiza el estado de la tabla al recorrer el AST, según el tipo de nodo visitado:

- Definición de un método: se crea un ámbito nuevo en la tabla y al finalizar su análisis se comprueba que todas las variables de la tabla se hayan utilizado. En caso contrario, se genera un aviso de variable definida y no utilizada en el método.
- Nodo de declaración de variables o parámetro de método: se inserta una nueva declaración en la tabla.
- Nodo parámetro: se considera que los parámetros de un método están definidos en el propio paso de argumentos de la invocación.
- Nodo identificador: en él caben dos situaciones. La primera, que el identificador actúe como un *lvalue* (por ejemplo, la parte izquierda de una asignación); en este caso, se tratará de una definición. Por tanto, la expresión correspondiente tiene que haberse utilizado con anterioridad; en caso contrario se habrá detectado una redefinición. En toda definición se controla además si se le ha asignado un valor *null*, puesto que la expresión aún no estaría correctamente inicializada. La segunda situación es que actúe como un *rvalue* (por ejemplo, el argumento de una llamada); en este caso, la expresión ha de estar definida para poder utilizarse.

Un último detalle a tener en cuenta son las distintas ramas de ejecución que presente el código fuente. Para que las actualizaciones anteriores sean correctas se aplican las consideraciones expuestas para el análisis de flujo de datos.

Falsos positivos

Al aplicar el algoritmo sobre distintos ficheros de código fuente aparecen una serie de falsos positivos, entre los cuales destacamos el siguiente (Ej. 1), por ser un patrón de código muy típico en las implementaciones y que es correcto.

```
01  boolean respuesta = false;
02  if (condicion)
03  {
04      ...                // Código en el que no interviene la variable respuesta
05      respuesta = true;   // Redefinición de la variable respuesta
06  }
07  return respuesta;
```

Ej. 1. Falso positivo. Redefinición de variables

Se trata del uso habitual de una bandera o *flag*: se asigna a una variable booleana el valor falso, para después, modificarla a cierto si se dan ciertas condiciones. Formalmente es un caso de redefinición y así lo señala ATACS; sin embargo, la lógica del código es correcta.

Liberación de recursos

Es un patrón común el del uso de “recursos” de modo que siempre que se reserva el uso de un recurso sea necesario liberarlo después. Sin embargo, es bastante frecuente olvidarse de hacerlo ocasionando problemas que en un principio no son perceptibles, pero que tarde o temprano acaban manifestándose de una forma u otra.

Los mecanismos para reservar o liberar un recurso son diferentes dependiendo de la interfaz que se haya diseñado para ello. Dado que en ATACS se utilizan patrones sintácticos para detectar los errores, se ha simplificado el problema realizando algoritmos que buscan defectos en un tipo concreto de reserva y liberación, manteniendo como objetivo generalizar su uso a otros formatos.

La reserva de un recurso es, frecuentemente, una situación crítica en la que al fallar el proceso se lanzará una excepción. Por tanto, es conveniente asegurar que se utilizan los mecanismos existentes para el tratamiento de excepciones. Del mismo modo, hay que asegurar que la liberación del recurso se ejecuta, independientemente de posibles errores previos.

Para realizar este análisis hay que definir los recursos que se pretende controlar, así como sus mecanismos de reserva y liberación, de modo que esta información sea configurable. Será imprescindible que el AST esté decorado con los tipos de los distintos identificadores que aparecen en el código fuente y de este modo comprobar si guardan relación con reserva y liberación de los recursos especificados. En la implementación del algoritmo se utiliza una estructura de datos en la que se registra la información de los recursos que se van reservando y liberando en cada ámbito. Con este

sencillo método tan sólo queda comprobar que, al salir de un determinado bloque, el ámbito correspondiente en la estructura esté vacío.

Si se trata de recursos cuya manipulación puede generar excepciones, y se requiere una reserva y liberación seguras mediante estructuras `try-catch-finally`, durante el recorrido del AST se controla el contexto de modo que si se intenta reservar un recurso fuera de un ámbito `try` se muestre la correspondiente advertencia. Del mismo modo, habrá que estar dentro de un bloque `finally` en la liberación del mismo.

Falsos negativos

Como se ha comentado con anterioridad, los potenciales mecanismos de reserva y liberación de recursos son muy variados. En la implementación del algoritmo se ha reducido el problema a un tipo concreto. Por esta razón, existirán recursos que no se detectarán como tal y cuyo uso no se controlará, pudiendo existir errores en la codificación que no serán detectados.

Análisis de objetos cuyo estado interno es constante

Existen clases cuyos métodos pueden confundir al programador, quizás por asociación con otros lenguajes u otra metodología, y hacerle creer que modifican de algún modo el estado interno del objeto instanciado cuando lo que hacen en realidad es devolver información que deberá ser asignada a una variable. Un ejemplo es la clase `String` de Java; métodos como `toUpperCase()` o `trim()` devuelven una copia modificada de la cadena de caracteres que encapsulan, sin modificar el objeto original. Aunque parece un error de principiante, lo cierto es que en la práctica muchos programadores junior cometen este error (que pasa inadvertido al compilador) durante un tiempo.

El método de análisis va a requerir información sobre las clases y los métodos que cumplen la condición descrita en el párrafo anterior, información que nuevamente será configurable. El árbol sintáctico abstracto deberá estar decorado con los tipos de los identificadores, para poder utilizar esta información al buscar posibles defectos en el uso de los métodos especificados.

En la implementación del algoritmo hay que comprobar si, en una invocación, tanto el tipo del objeto como el método se corresponden con alguno especificado en la lista de configuración. Si es así, se comprueba que dicha invocación se realice en un *contexto de asignación*: asignación de un valor a una expresión, paso como argumento en una llamada o retorno de un método. Si no es así, se trata de un error.

Falsos negativos

El análisis requiere conocer el tipo de las expresiones para determinar si pertenecen a una de las clases problemáticas o no. En la implementación del prototipo tan sólo se están teniendo en cuenta los símbolos definidos en el propio fichero que se está analizando. Por tanto, la información existente en los ficheros importados será desconocida y en muchos casos no sabremos los tipos de retorno de las llamadas a otros métodos, con lo que no se detectarán posibles errores.

Véase el Ej. 2. En él se está definiendo un método llamado `Saludo` que retorna un `String`. Cuando analice la expresión de la línea 08, `this.Saludo().toUpperCase()`, sabremos que `Saludo` devuelve el tipo `String` y que el método `toUpperCase` correspondiente se está usando de forma errónea. Sin embargo, en la línea 09, `this.Saludo().trim().toUpperCase()`, se desconoce el tipo que devuelve `trim()`, al estar definido en otro fichero. Por tanto, el algoritmo no detectará que el método `toUpperCase` pertenece a la clase `String`, no lo considerará como un candidato a analizar y no detectará el correspondiente error.

```
01 public String Saludo()
02 {
03     return "Hola Mundo!";
04 }
05
06 public void metodo()
07 {
08     this.Saludo().toUpperCase();           // Pierdo el valor. Detectado.
09     this.Saludo().trim().toUpperCase();    // Pierdo el valor. No detectado.
10 }
```

Ej. 2. Falso negativo. Objetos cuyo estado interno es constante

Análisis de métodos prohibidos

En ocasiones no se permite el uso de determinadas clases o métodos. Puede ser debido a varias razones; que se hayan detectado fallos de seguridad en su implementación o hayan quedado obsoletas y se recomiende el uso de otras alternativas o, simplemente, como normativa en una empresa puesto que requieran el uso de implementaciones propias. Es una situación bastante plausible, cuyo cumplimiento suele promoverse en la práctica simplemente mediante guías o instrucciones escritas, pero que podría beneficiarse con facilidad de técnicas de análisis estático que, como se ha dicho, no forman parte de la “caja de herramientas” habitual de las empresas de desarrollo.

En el caso de métodos oficialmente obsoletos, dependiendo del compilador que estemos usando, este puede dar información al respecto sin necesidad de recurrir a un análisis estático. Pero cuando viene impuesto como normativa interna de una empresa, es evidente que no va a ser así, y lo que es peor, puede ocasionar errores difíciles de trazar. Un ejemplo de este estilo sería prohibir los métodos de salida estándares mediante `System.out` o `System.err` y utilizar un sistema de notificaciones propio por el que deban pasar todos los mensajes de salida.

El método a seguir para su implementación es similar a los dos anteriores. Necesitamos conocer la información sobre las clases y métodos cuya utilización no se permite, información que se podrá configurar, así como la información de tipos correspondiente para los identificadores que puedan aparecer en el programa de entrada. Con todo esto, lo único que queda por hacer es buscar invocaciones que respondan a ese patrón.

Análisis de bloques de código vacíos

Este análisis puede parecer que carece de importancia y que no tiene mucho sentido. Sin embargo, el hecho de que existan bloques de código vacíos, como el cuerpo de un método, puede ser síntoma de un problema de diseño en la aplicación. En ocasiones se encuentran clases que son derivadas de otra, habitualmente una interfaz o una clase abstracta, y que tienen métodos que hay que implementar porque así lo exige la clase de la que derivan, pero que no tienen mucho sentido en la clase derivada. La solución que se suele adoptar es dejar el método en blanco cuando lo que habría que hacer es pensar si es necesario rediseñar la aplicación. Además, este tipo de errores, suele venir acompañado de otros; si el método tiene parámetros, éstos no se utilizan para nada.

```
01 public class AbsoluteLayout implements LayoutManager
02 {
03     ...
04     public void addLayoutComponent(Component comp, Object constr)
05     {
06         // No hay nada que hacer al añadir un componente porque luego los ignoro
07     }
08 }
```

Ej. 3. Detección de bloque vacío en un método

```
01 private void revisarAjusteColumnas()
02 {
03     //Revisar el ajuste de columnas si el ancho de columnas es menor que
04     //el ancho de la cuadrícula
05     if (modeloColumnas.getTotalColumnWidth() <= verScroll().getWidth())
06     {
07         if (this.getAutoResizeMode() != AUTO_RESIZE_ALL_COLUMNS);
08         {
09             setAutoResizeMode(AUTO_RESIZE_ALL_COLUMNS);
10             doLayout();
11         }
12     }
13     else
14     {
15         if (getAutoResizeMode() != AUTO_RESIZE_OFF)
16         {
17             setAutoResizeMode(JTable.AUTO_RESIZE_OFF);
18             doLayout();
19         }
20     }
21 }
```

Ej. 4. Terminador de sentencia en la condición de un if

El código del Ej. 3 mostraría tres advertencias, dos relacionadas con los parámetros (como variables no utilizadas que son) y otra indicando que el cuerpo del método no tiene código asociado. Evidentemente, este análisis puede arrojar falsos positivos.

Este tipo de análisis también permite detectar otro tipo de defectos en el código como el mostrado en el Ej. 4. A simple vista, parece código normal; ni siquiera se aprecia ningún bloque de código vacío. Pero examinando con atención la línea 07 se ve que, por una confusión del programador, se añadió un terminador de sentencia al final de la condición del `if`. El resultado es que la sentencia `if` no tiene sentencias en su cuerpo y, tanto si se cumple la condición como si no, se ejecutará el código que se encuentra entre las llaves de las líneas 08 y 11, que simplemente están delimitando un nuevo ámbito.

4. RESULTADOS

La complejidad de los problemas a resolver y las limitaciones adoptadas en la implementación de los algoritmos hacen que se produzcan tanto falsos negativos como falsos positivos.

En un ámbito controlado de pruebas, es posible determinar qué código defectuoso no es detectado por el analizador. Sin embargo, cuando se utiliza el analizador sobre código real sabemos que existe un porcentaje de falsos negativos (defectos no detectados) que tampoco es posible cuantificar. Respecto a los falsos positivos, algunos también son provocados por el desconocimiento de la lógica del código, dado que cumplen las características propias del código defectuoso que se pretende detectar, pero no suponen problema alguno.

Tipo de advertencia	Nº de advertencias	Nº de ficheros afectados ⁴⁵
Redefinición	211	41
Definición no usada	214	56
No definido	1	1
Valor null	167	25
Bloques vacíos	130	49
Uso de recursos (reserva y liberación)	0	0
Uso de objetos cuyo estado interno es constante	0	0
Número total de advertencias	723	
Número total de ficheros afectados		83
Número total de ficheros analizados		124
Número total de líneas de código		35.403

Tabla 2. Resumen de los datos obtenidos por el analizador

En la Tabla 2 se muestran los datos obtenidos de la ejecución del analizador sobre un banco de código real proporcionado por Seresco. Se trata de código de aplicaciones de gestión en desarrollo, creadas con los sistemas de generación de código de las herramientas propias de la empresa, y desarrolladas por personal experimentado de la misma. Cabe destacar que los falsos positivos producidos se encuentran relacionados con los análisis del uso de los datos.

En el caso del análisis de redefiniciones, los falsos positivos ocasionados son generalmente similares al del Ej. 1; es decir, se inicializa una expresión con un valor por defecto, para después modificarlo si se cumplen unas determinadas condiciones.

Dentro del análisis de expresiones definidas pero no usadas, las más destacadas son aquellas en las que se declara una variable que no se usa en ningún momento. Los falsos positivos que se producen son ocasionados por

⁴⁵ El nº total de ficheros afectados no coincide con la suma (un fichero puede tener advertencias de distinto tipo)

definiciones que se encuentran en el cuerpo de un bucle (iteradores o contadores), de modo que la última definición antes de salir del bucle no se vuelve a utilizar.

Los falsos positivos que se producen cuando una expresión se inicializa a *null*, son aquellos que consultan el valor de la expresión para comprobar, precisamente, si está definido a *null*, es decir, el algoritmo no detecta que el propio código este consultando la expresión para controlar que no se produzca un error de ese tipo.

El análisis de bloques vacíos ha detectado errores que pueden venir asociados a un problema de diseño, como el visto en el Ej. 3, pero también ha localizado bloques `catch` con el cuerpo vacío, lo que implica que excepciones que se produzcan en la aplicaciones, van a ser capturadas, pero para hacer caso omiso de ellas, lo que puede traer consecuencias negativas o efectos laterales en otros puntos del código.

Aunque las cifras de errores detectados con este sencillo análisis pueden parecer alarmantes (1 defecto por cada 49 líneas de código), lo cierto es que en este caso particular no es así. Como se ha dicho, se ha analizado código de especial robustez, bien generado automáticamente o bien escrito manualmente por programadores experimentados, y en cualquier caso sometido al control de calidad de la empresa. Un cierto porcentaje de esos errores corresponde a falsos positivos, y en otros casos se trata de defectos en un sentido estrictamente formal, pero que en la práctica la empresa asume conscientemente como parte de sus bases de generación por ciertas razones y que no son ninguna amenaza para la calidad. No se han encontrado realmente defectos graves latentes, pero teniendo en cuenta lo ambicioso del experimento, realizado sobre código de excepcional calidad, y viendo que el prototipo realmente ha identificado gran cantidad de defectos potenciales, no cabe duda de que es un inicio prometedor y que cumple su misión de servir como herramienta complementaria a otros procedimientos de búsqueda de defectos.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Las técnicas que se aplican en la construcción de programas tiende a buscar un aumento de la calidad del software mediante la detección temprana de errores facilitando, además, el mantenimiento de las aplicaciones. Estas técnicas se aplican tanto a los lenguajes de programación, mediante la comprobación de tipos, como al desarrollo, mediante pruebas unitarias o de sistema. Sin embargo, probar concienzudamente una aplicación conlleva una complejidad elevada, por lo que las pruebas están limitadas y suelen quedar errores que son detectados en tiempo de ejecución cuando el producto ya está disponible. Actualmente, el uso de analizadores estáticos de código está muy poco extendido, a pesar de ser una herramienta muy útil para detectar defectos en el código en fases tempranas del desarrollo de una aplicación. Bajo nuestro punto de vista, no son necesariamente herramientas que sustituyan a otras ya conocidas, sino que complementan a otras técnicas para contribuir en la mejora de la calidad del software; además, no es necesario abordar el problema con una estrategia de *todo o nada*, sino que la herramienta es valiosa aunque en ningún momento ofrezca la garantía de que no existan errores o de que la aplicación cumpla con las especificaciones impuestas.

Existen muchas técnicas en el desarrollo de analizadores estáticos y en este proyecto se ha apostado por implementaciones prácticas, aplicándolas a problemas de sobra conocidos y que con la experiencia (de la empresa en particular) se sabe que son fuentes de errores, e intentando evitar desarrollos matemáticos o extremadamente complejos que planteen un coste computacional inasumible. Además, nuestro objetivo es difundir el uso de estas herramientas para aumentar el nivel de calidad del software que acaba en el mercado.

A lo largo de este artículo se ha comentado una implementación sencilla de un analizador estático. El mayor inconveniente encontrado, tanto en esta herramienta como en otras existentes, es el porcentaje de falsos positivos y falsos negativos. Para empezar, el porcentaje de falsos negativos es difícil de cuantificar y, respecto al de falsos positivos, en ocasiones puede ser elevado y llegar a enturbiar los resultados. Aun así, el resultado de la aplicación práctica del prototipo es que ha sido capaz de detectar un importante número de posibles defectos, que el personal de desarrollo de la empresa puede entonces evaluar como relevantes o no, y tomar decisiones al respecto.

Las líneas de investigación que se pretende seguir incluyen adoptar nuevas técnicas de detección de errores, ampliar el tipo de análisis realizados, reducir las limitaciones en la implementación de los algoritmos existentes o generalizar la aplicación para incorporar reglas que permitan la generación automática de nuevos análisis en función de unos parámetros establecidos.

REFERENCIAS

27. Analizadores Léxicos y Sintácticos: <http://www.escet.urjc.es/~procesal/analizadores.html>

28. CheckStyle: <http://checkstyle.sourceforge.net>
29. Cousot, P., Cousot, R. *Static Determination of Dynamic Properties of Programs*. In Proceedings of the second international symposium on Programming, B. Robinet (Ed), April 13-15 1976, Dunod, Paris.
30. Cousot, P., Cousot, R. *Towards a Universal Model for Static Analysis of Programs*. Laboratoire IMAG, University of Grenoble, France. January 1977.
31. Cousot, P., Cousot, R. *An Introduction to a Mathematical Theory of Global Program Analysis*. Laboratoire IMAG, University of Grenoble, France. March 1977.
32. Dumke, R. R., Winkler, A. S. *CAME Tools for an Efficient Software Maintenance, csmr*, p. 74, 1st Euromicro Working Conference on Software Maintenance and Reengineering (CSMR '97), 1997.
33. ESC/java: <http://gatekeeper.dec.com/pub/DEC/SRC/technical-notes/SRC-2000-002.html>
34. FindBugs: <http://findbugs.sourceforge.net>
35. Flanagan, C., Leino, K. R. M., Lillibridge, M., Nelson, G., Saxe, J. B., Stata, R., *Extended Static Checking for Java*. In ACM SIGPLAN 2002 Conference on Programming Language Design and Implementation (PLDI'2002), pages 234-245, 2002.
36. FxCop: <http://www.gotdotnet.com/team/fxcop/>
37. Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., Vlissides, J. (the GangOfFour). *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*
38. German, A. *Software Static Code Analysis Lessons Learned*. CrossTalk, The Journal of Defense Software Engineering, November 2003
39. Hovemeyer, D., Pugh, W. *Finding Bugs is Easy*. In Companion to the 19th annual ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming systems, languages, and applications, pages 132--136. ACM Press, Oct. 2004.
40. Nielson, F., Nielson, H. R., Hankin, C. *Principles of Program Analysis*. Springer (Corrected 2nd printing, 452 pages, ISBN 3-540-65410-0), 2005.
41. Pezzè, M. *Dependence and Data Flow Models*:
<http://www.lta.disco.unimib.it/didattica/ControlloDellaQualitaDelSoftware2004-2005/capitoli%20del%20libro/Pezz%20E8YoungCap6.pdf>
42. Rutar, N., Almazan, C. B., Foster, J. S. *A Comparison of Bug Finding Tools for Java*. In Proceedings of the 15th International Symposium on Software Reliability Engineering (ISSRE'04), pages 245--256. IEEE Computer Society Press, Nov. 2004.
43. Security Report: <http://www.sisecure.com/security-report/november/staticAnalysis1.htm>
44. Seresco, S.A. – sitio web corporativo. <http://www.seresco.es>

INGENIERÍA DEL SOFTWARE

Business Activity Monitoring y Business Rules para el Manejo de Excepciones en las Políticas en un sistema de Gestión de Procesos de Negocios. Estado del -Arte

Alejandro Laborde Reybaud

Universidad Católica del Uruguay, Facultad de
Ingeniería y Tecnologías
Montevideo, Uruguay, 11600
alaborde@ucu.edu.uy

Juan J. Moreno.

Universidad Pontificia de Salamanca, Campus de
Madrid, Facultad de Informática,
Madrid, España, 28220
Universidad Católica del Uruguay, Facultad de
Ingeniería y Tecnologías.
Montevideo, Uruguay, 11600.
jmoreno@ucu.edu.uy

Rafael Novales

Universidad Católica del Uruguay, Facultad de
Ingeniería y Tecnologías.
Montevideo, Uruguay, 11600.
rnoval@ucu.edu.uy

Luis Joyanes Aguilar.

Universidad Pontificia de Salamanca, Campus de
Madrid, Facultad de Informática,
Madrid, España, 28220
ljoyanes@fpablovi.org

ABSTRACT

In this work, the theoretical framework corresponding to the study of the state of the art about “*Handling Exceptions in the Business Policies in a Business Process Management System using Business Activity Monitoring and Business Rules*” is depicted.

A detailed study of activity monitoring systems as well as rules systems is presented in this paper in order to give theoretical frame to the future investigation which is to embed into the business processes automated mechanisms that will enable to make more flexible the current business rules so as success cases will be more accurately detected when they happen.

Keywords: Business activity monitoring, BAM, business rules, alerts, exceptions.

RESUMEN

En este artículo se presenta el marco teórico correspondiente al estudio del estado del arte sobre “*Utilización de Business Activity Monitoring y Business Rules para el Manejo de Excepciones en las Políticas de Negocio*”.

Se presenta un estudio detallado de sistemas de monitoreo de actividad así como de sistemas de reglas de manera de brindar un marco teórico a la futura investigación que tendrá como objetivo final el establecer mecanismos automáticos que se integren a sistemas de gestión de procesos automáticos y que permitan la flexibilización de las reglas de negocio frente a los potenciales casos de éxito que las propias reglas rechazan por su definición y modelado.

Palabras claves: Monitoreo de actividad de negocio, BAM, reglas de negocio, alertas, excepciones.

INTRODUCCIÓN

El entregar la información precisa en el momento apropiado al usuario adecuado, es una de las claves para el éxito en la toma de decisiones de cualquier empresa que persiga como objetivo principal la explotación óptima de todos sus recursos. El flujo que sigue cualquier proceso dentro de una organización se basa en reglas de negocio que la propia empresa define. Estas reglas son la unificación y declaración de todas las variables a tener en cuenta a la hora de tomar cualquier decisión. Por otra parte, la aparición de sistemas de monitoreo de actividad ha traído consigo la posibilidad de alertar a los usuarios frente a eventos relevantes previamente definidos combinando uso de reglas de negocio con la generación de alertas frente a sucesos relevantes.

El enfoque de este trabajo se centrará en la integración de BAM (Business Activity Monitoring) en sistemas de gestión de procesos automáticos basados en reglas de negocio. De esta manera se estudiará la posible flexibilización de las reglas de negocio frente a potenciales casos de éxito que las propias reglas rechazan por su definición y modelado.

1 OBJETIVO

Este artículo forma parte de la investigación acerca de la utilización de BAM en sistemas de gestión de procesos automáticos para el manejo de excepciones a las reglas de negocio definidas.

El objetivo de este paper es el de presentar el marco teórico en el que está contenido el problema y en el cual se enmarcará la solución final al mismo de manera de estudiar y analizar su factibilidad. Se hará especial hincapié en los sistemas que conjugan herramientas de reglas de negocio con módulos de monitoreo de actividad de negocio (Business Activity Monitoring).

Acerca de BAM se presentará:

- Estudio exhaustivo del Estado del Arte.
- Beneficios y usos actuales de BAM.
- Tecnologías y productos existentes.

Se investigará acerca de la integración de esta tecnología con herramientas y motores de Business Rules, de la existencia o no de estándares, así como también del o los lenguajes de especificación para lo antes mencionado.

2 ESTADO DEL ARTE

Sistemas de Workflow

Según la WfMC, un “Sistema de Workflow” es un “*sistema capaz de definir, administrar y ejecutar Workflows, a través de software que interpreta una representación electrónica del mismo e interactúa con los recursos participantes*”.

Un sistema de Workflow ofrece una estructura tecnológica sobre la cual implementar, de forma eficiente, las políticas de administración de procesos de una organización.

La WfMC desarrolló en el año 1995 un modelo de referencia (Workflow Reference Model) que determina la arquitectura a seguir en el desarrollo de sistemas de Workflow. A través de la identificación de interfaces y sus estructuras, se desarrolló un modelo basado en dichas estructuras genéricas de las aplicaciones de Workflow y las interfaces que interactúan con las mismas. El modelo define los componentes en la arquitectura de sistemas de Workflow, de forma de definir las interfaces necesarias para el intercambio y flujo de información, así como también los diferentes formatos para el intercambio de datos.

Los sistemas de Workflow son utilizados por gran variedad de industrias: bancos, aseguradoras, estudios jurídicos y entes estatales, entre otros. Cada solución es distinta a las demás en aspectos como capacidad de almacenamiento, infraestructura de comunicaciones, plataforma de software disponible y estrategia de interacción con los recursos. Es por esto que resulta imposible desarrollar un sistema de Workflow genérico. Mas bien la tendencia de los desarrolladores es concentrarse en un conjunto de características y construir productos que se ajustan correctamente a las necesidades de una fracción del mercado. [1].

Business Process Management

Ha sido punto de discusión el poder establecer las diferencias, si las hay, entre Workflow y BPM (Business Process Management). Ciertamente, muchos de los conceptos en los que se sustentan y basan, son los mismos, y las diferencias que surgen son más bien en el énfasis de los conceptos y no tanto en su contenido. Algunos plantean BPM como una disciplina y otros se orientan más a un flujo de negocio.

Según [2] *“Business Process Management (BPM) es una disciplina que se centra en la planificación, diseño, construcción, operación, mantenimiento y mejora de los negocios y sus procesos, como asimismo, de las capacidades tecnológicas (TI) y de gestión del cambio, que hacen factible la transformación de una empresa para generar grandes incrementos de productividad y ventajas competitivas”*. Por su parte GIGA [3] en su foro mundial del 2003 lo definió como *“la integración del manejo de eventos en forma orquestada y orientada a la aplicación de un workflow a través de múltiples aplicaciones y usuarios. Las soluciones BPM pueden incluir workflows centrados en personas, análisis de flujo de negocio y plantilla de procesos de negocio”*.

Los componentes principales de los sistemas de BPM se pueden especificar como sigue:

- Modelado de Procesos: Software que se encarga del modelado de procesos de negocio que pueden ser importados desde un sistema de workflow o un software de automatización de procesos
- Workflow: Software que automatiza y maneja actividades humano-humano o humano-computadora
- EAI: Software que intercambia datos e información entre aplicaciones internas
- Automatización de Procesos: Software que automatiza y administra el flujo de procesos computacionales

- Integración de Procesos de Negocio: Software encargado de automatizar el “link” entre procesos de negocio internos y usuarios externos
- Análisis de Negocio: Software que provee análisis y monitoreo de la actividad de los procesos de negocio.

Las características fundamentales y los principales ítems que diferencian a un BPM de otros sistemas son:

- el convertir procesos de negocio basados en papel en procesos electrónicos
- la automatización de todos los procesos de negocio y su posterior integración a otras aplicaciones internas y externas
- proveer retroalimentación acerca del estado de los procesos en tiempo real
- medir el tiempo de cada proceso en su ejecución, así como también sus tiempos muertos
- la posibilidad de incorporar controles para minimizar fallas y errores

Business Rules

Business Rules (BR) hace referencia al término Reglas de Negocio. El Business Rules Group [4] define regla de negocio como *“una directiva que tiene el objetivo de guiar el comportamiento del negocio. Tales directivas se basan en una política de negocio que es formulada en base a riesgos, amenazas y oportunidades”*.

Business Rules Engine

Un Business Rules Engine (BRE) [5] provee una interfaz que permite crear reglas de negocio en procesos de negocio. También provee funcionalidades para validar, simular, y ejecutar las reglas que se crean. Los usuarios pueden crear las reglas y almacenarlas en un repositorio central.

Un BRE consta de un editor de reglas, un motor de reglas para ejecutar las reglas definidas en el editor, un repositorio de reglas, un editor Web remoto para la administración de las mismas.

El editor de reglas provee una interfaz para el diseño, creación, mantenimiento, administración y control de las reglas de negocio en donde el usuario puede determinar las condiciones y las posteriores acciones para cada regla de negocio. También permite el uso de variables locales y globales, objetos externos y la edición de reglas simples y complejas utilizando cualquiera de estos ítems. El segundo componente consiste en el motor en sí mismo de las reglas de negocio. Brinda un ambiente para analizar, evaluar, validar y ejecutar reglas. También expone interfaces para la integración de administración de reglas como workflows y sistemas BPM, así como también la posibilidad de interactuar con otras aplicaciones. Por su parte el repositorio de reglas permite la publicación y almacenamiento de las mismas en forma centralizada, de manera que durante la ejecución, las reglas puedan ser tomadas de ese repositorio y ejecutadas en forma exitosa. Esto permite el almacenamiento y recuperación de distintas versiones de reglas. Finalmente el editor Web es una aplicación que provee y brinda administración remota de las reglas de manera de poder reflejar los cambios en la política del negocio.

Business Process Execution Language

El lenguaje de ejecución de procesos de negocio BPEL [6] permite especificar cómo y de qué manera se ejecutan los procesos de negocio en un ambiente basado en Web Services. Es también conocido como BPEL4WS (BPEL for Web Services).

El lenguaje permite la definición y ejecución de procesos en un ambiente de BPM. Esta definición incluye diversos actores y tareas, permitiendo la vinculación de ambos e inclusive invocando diversos procesos desde llamadas a un Web Service a la generación de excepciones.

BPEL4WS define un modelo y una gramática para describir el comportamiento de un proceso de negocio, que está basado en interacciones entre los procesos y los actores. Estas interacciones se realizan a través de interfaces de Web Services. También define cómo se coordinan las múltiples interacciones con los actores y procesos para alcanzar el resultado final del proceso. BPEL4WS define también mecanismos automáticos para el manejo de excepciones y fallas en los procesos.

BPEL4WS está basado en varias especificaciones de XML: WSDL 1.1, XML Schema 1.0 y XPath 1.0. Los mensajes WSDL y las definiciones de tipos en el XML Schema proveen el modelo de datos utilizado en los procesos de BPEL4WS. XPath provee todo lo referente al soporte para la manipulación y manejo de los datos.

Business Activity Monitoring

Los sistemas de Business Activity Monitoring (BAM) pueden ser visualizados como sistemas que pueden recabar datos e información de múltiples sistemas, procesar dicha información y entregarla a través de varios canales a usuarios que la necesitan y utilizan en tiempo real.

El primero en introducir el concepto fue Gartner Inc, [7] que lo describió como “...el concepto de proveer acceso en tiempo real a indicadores de la performance del negocio para mejorar la velocidad y la eficiencia de las operaciones de negocio”

BAM es una combinación de tecnologías y procesos que deben ser desarrollados por empresas que quieran llevar a cabo su negocio como empresas en tiempo real (RTE's) [8]. En una RTE, las decisiones y las acciones son disparadas por alertas, que son eventos en cierto contexto. Un sistema BAM es responsable de generar alertas que representan condiciones predefinidas que necesitan un tratado o atención especial. BAM soporta diversas aplicaciones basadas en eventos que le permiten a las organizaciones monitorear y manipular el desempeño del negocio, tanto a nivel táctico como operacional [9].

Desde la perspectiva de BAM, existen requerimientos comunes a todos los sistemas de automatización de procesos que se pueden enumerar en:

- Proveer a los gerentes y ejecutivos de negocio, acceso rápido y sencillo a información precisa sobre métricas de desempeño. Asimismo brindar la posibilidad de tomar acciones inmediatas para responder acorde a los requerimientos del propio negocio.
- Poner las métricas de desempeño en un contexto que permita compararlas y relacionarlas con los objetivos del negocio
- Alertar a los usuarios cuando dichas métricas de desempeño exceden o violan las reglas y los umbrales definidos para el mismo.
- Permitir a los usuarios modificar y personalizar en forma dinámica las métricas de desempeño que requieren en sus trabajos.

Medidores de Desempeño

Existen varios medidores tradicionales y estándares de desempeño. Se presentan a continuación dos de ellos que son los más utilizados en los sistemas de BAM. Ellos son lo que se conoce como KPI (Indicadores Clave de Desempeño) y Balanced Scorecards (Tableros de Mando Integral). Los mismos son utilizados en diversas organizaciones y sistemas para realizar medidas acerca del desempeño no sólo de sus sistemas, sino de sus negocios y procesos.

Key Performance Indicators (KPI)

Los KPI son medidas cuantificables, acordadas de antemano, que reflejan los factores de éxito de una organización. Difieren unos de otros dependiendo de la organización y de los sucesos que se quiera analizar. Un KPI de una universidad por ejemplo, será el promedio de graduados por año. En cambio para un departamento de atención al cliente será por ejemplo la cantidad de llamadas perdidas por minuto.

Los KPI reflejan las metas de las organizaciones, deben ser las claves para su éxito, pero por sobre todo deben ser cuantificables, esto es, capaces de ser medidos. Otro aspecto importante es que los KPI deben, en la medida de lo posible, mantenerse fijos en su concepción, por cierto período de tiempo, para permitir su comparación y estudiar su variación a lo largo de determinado lapso.

Balanced Scorecards (BSC)

El Balanced Scorecard fue desarrollado en su origen por el profesor Robert Kaplan y el consultor David Norton, como una herramienta de evaluación de desempeño empresarial.

El BSC busca complementar los indicadores tradicionales utilizados para evaluar desempeño, combinado indicadores financieros y no financieros. Un BSC es un listado de números, que muestra cada una de las partes que determinan el éxito de una organización, tal como sus finanzas, empleados, operaciones, proveedores, clientes y sistemas. Estos números miden todos los factores que conducen o influyen en el éxito de la organización.

Estructura General de BAM

Existen muchos estilos de implantación de BAM. Puede ser concebido como una herramienta de inteligencia de negocio que ayude a los usuarios a tomar decisiones, o puede ser parte de un sistema BPM. Sin embargo, existe una arquitectura que describe la estructura básica de todas estas aproximaciones, y que se detalla más adelante.

Para brindar una idea de cómo funciona un herramienta BAM se muestra un modelo sencillo que ilustra los conceptos iniciales [7]. La idea básica, como ya se mencionó, es el poder notificar al usuario, cuándo suceden los eventos que son significantes para el negocio. El usuario especifica cuáles son los eventos que le interesan, y la herramienta alerta en el momento en que esos eventos ocurren. Esta es la idea central en BAM. La Figura 1 ilustra una herramienta básica BAM instalada en varias capas de IT y cómo, a través de alguna capa de middleware los eventos son comunicados al BAM dashboard.

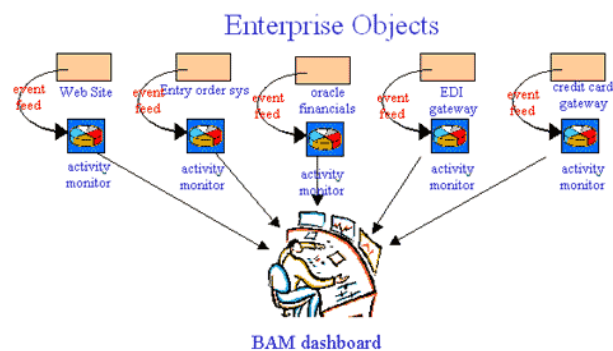


Figura 1 – Dashboard de BAM

En el dashboard se presentan los indicadores especificados por el usuario y que corresponden a los eventos que han generado las alertas correspondientes. Dichas alertas están relacionadas con los umbrales predefinidos, los indicadores de desempeño y las reglas de negocio. La siguiente figura muestra cómo se ilustra un ejemplo de cómo se presentan las alertas generadas en un sistema BAM a los usuarios con la información procesada y analizada según los requisitos previamente configurados.

Arquitectura BAM

La arquitectura lógica en BAM no es complicada y se muestra en la Figura 2. Determinados eventos generan mensajes que contienen una descripción de un cambio o una acción que sucede [6]. Estos alimentan una capa de absorción y son procesados y enfrentados con reglas. Al encontrarse (eventos y reglas) se generan alertas de ser necesario. Estas alertas son entregadas y se disparan acciones.

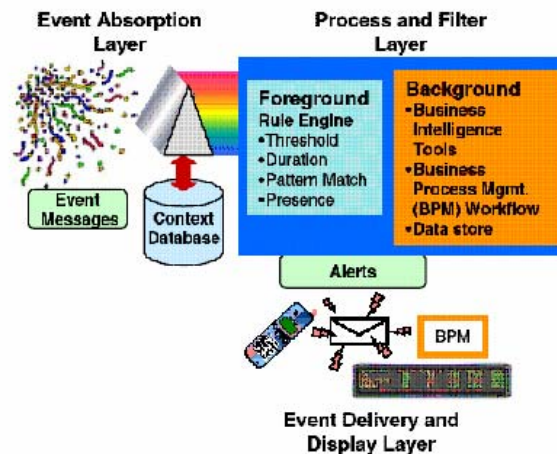


Figura 2 – Arquitectura BAM

Una solución BAM como la planteada e ilustrada en la figura, puede ser:

- instalada como una aplicación stand-alone
- embebida como funcionalidad dentro de otras aplicaciones
- compuesta de varios componentes, tales como agentes de software, servicios de mensajería, portales Web, datawarehouses y herramientas de manejo de procesos.

La escala y el alcance de los requerimientos de la solución BAM, determinan el grado de complejidad y sofisticación de cada capa. Resolver un problema específico como por ejemplo verificar el stock de un producto necesitará una solución básica. Soluciones que involucren a muchos usuarios y procesos requerirán en cambio, mayor nivel de funcionalidad y complejidad que la del ejemplo anterior.

Capa de Absorción de Eventos (Event Absorption Layer)

Esta capa es responsable de la recolección de eventos, el filtrado de los que no son relevantes según la definición establecida y la posterior transformación a un formato que la capa de procesado pueda interpretar. En la transformación se validan los mensajes a un esquema de datos predefinido. En este punto se puede agregar información de contexto tal como identificadores o claves.

La fuente de los eventos para BAM está relacionada con los procesos de negocio, aunque eventos que ocurren durante la ejecución de dichos procesos y que tienen carácter más técnico también pueden ser recogidos.

La recolección de eventos puede ser pasiva o activa. La primera ocurre cuando los mensajes son enviados de diversas fuentes en el momento en el que están disponibles. La recolección activa en cambio, ocurre cuando agentes del sistema BAM generan eventos.

El alcance de los sistemas de BAM, está determinado en cierta forma por la cantidad de mensajes asociados a eventos que puede manejar.

Capa de Filtrado y Procesamiento (Process and Filter Layer)

Esta capa analiza la cadena de eventos entrantes, la valida y contrapone contra una serie de reglas de manera de

determinar si se debe disparar alguna alarma. Este es el componente más difícil de implementar y utilizar.

Como los sistemas BAM trabajan en tiempo real, puede ser necesario analizar cientos o miles de eventos por segundo. Los tipos de reglas y la habilidad de analizar reglas en forma conjunta, también determinan el desempeño y la capacidad de análisis del sistema. La arquitectura de esta capa tiene dos componentes primordiales:

- el componente externo (foreground piece) maneja los análisis de tiempo real
- el componente interno (background piece) se encarga de la configuración, optimización, validación de alarmas y almacenamiento de corto plazo.

Los sistemas BAM también pueden incluir funciones que le permitan testear las reglas con información histórica o simulada de eventos de forma de poder auditar el funcionamiento del sistema en forma sencilla para permitir un posterior análisis o ajuste de las reglas definidas.

Capa de Entrega y Despliegue de Eventos (Event Delivery and Display Layer)

Una vez que los eventos son procesados, los resultados son entregados a través de esta capa de dos maneras: mediante mensajes de alerta o mediante el dashboard de tiempo real.

Las alertas pueden ser repartidas y entregadas, en forma directa por el sistema BAM o integradas en sistemas de mensajería, independientemente del sistema BAM que las genere. Las alertas vía correo electrónico son las más sencillas de interpretar y recibir por los usuarios. Pero existen y se implementan también, alertas que se envían mediante todos los servicios de mensajería conocidos tales como celulares, teléfonos, publicación en portales de Internet e inclusive servicios de mensajería instantánea.

3 CONCLUSIONES

Business Activity Monitoring (BAM) es una herramienta que se integra a sistemas BPM y que permite recabar datos e información de múltiples procesos, procesar y analizar dicha información a través de reglas previamente definidas y entregarla a través de varios canales a usuarios que la necesitan y utilizan en tiempo real.

La perspectiva actual del uso de la herramienta está orientada básicamente a la medición del desempeño y funcionamiento de la empresa que la utilice, con medidores estándares de su desempeño como lo son los KPI's y los Balanced ScoreCards.

En el estudio del Estado del Arte no se encontraron estándares acerca de cómo interaccionan las herramientas de BAM con otros módulos de los sistemas BPM en donde estos funcionen, como ser por ejemplo motores de reglas y procesos.

El marco teórico presentado en este trabajo confirma la viabilidad de desarrollar una solución que integre sistemas de monitoreo de actividad con sistemas de gestión de procesos de negocios basados en reglas para el manejo de excepciones a las mismas.

4 TRABAJOS FUTUROS

A partir de lo presentado en este artículo se comenzará el desarrollo de una solución que integre los sistemas BAM a la propia lógica del negocio para el manejo de excepciones a las reglas que definen el mismo.

El trabajo a realizar tendrá como fin último la resolución de la problemática planteada, brindando una solución aplicable

y funcional, que se pueda acoplar en forma sencilla y rápida a los sistemas existentes actualmente.

La herramienta a de desarrollo será el *IBM WebSphere BPM Suite v6* utilizando principalmente el módulo WebSphere Business Monitor.

5 REFERENCIAS

- [1] Workflow Management Coalition. *"The Workflow Reference Model"*. www.wfmc.org.
- [2] Oscar Barrios. *"BPM: Arquitectura y Diseño de Negocios, Procesos y Aplicaciones TI"*. Universidad de Chile. Sep 2003.
- [3] Connie Moore. *"How to Ensure Workflow and Integration Efforts Complement Each Other"*. GIGA World IT Forum 2003.
- [4] Business Rules Group. *"The Standard Model for Business Rule Motivation"*. Business Rule Group Paper. Oct 2000.
- [5] Varun Saharma. *"Business Process Management and Business Rules"*. 2004
- [6] Tony Andrews, Francisco Curbera, Hitesh Dholakia, Yaron Goland, Johannes Klein, Frank Leymann, Kevin Liu, Dieter Roller, Doug Smith, Satish Thatte, Ivana Trickovic, Sanjiva Weerawarana. *"Business Process Execution Language for Web Services Version 1.1 with WebSphere Business Integration"*. May 2003
- [7] Bill Gassman *"How the Pieces in a BAM Architecture Work"*. Investigación para Gartner Inc. Jun 2004.
- [8] David Lucham. *"The Beginning of IT Insight: Business Activity Monitoring"*. Universidad de Stanford. Jun 2004.
- [9] Colin J. White. *"The Role of BAM in Business Intelligence and Data Warehousing"*. Business Intelligence Network. Feb 2004

Hacia un Nuevo Paradigma de Acceso: El Acceso Local Comunitario

José Roberto Cárdenas Castiblanco

Universidad Distrital F.J.D.C., Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones,
Bogotá, Colombia
rcardenas@udistrital.edu.co

ABSTRACT

The wireless technology development has conducted to certain social facts that must be take into account in the telecommunications regulation. In particular, it must be registered the fact that in many cities in the world the community has an organization to build its own wireless communications infrastructure working in unlicensed bands. The development of this attitude conducts to four concrete points. The first, the communities's right to Community Local Access (ALC), that it means the right to have an autonomous organization (without carriers) to hold local community connectivity. The second, the regulation must provide the technical (spectrum) and legal (community association) spaces for the development of this right. The third, the government would support to organizations (universities) that conducts to the society to the optimum and ordained use of the spaces provided for the ALC development. And finally the fourth, the government would support the investigations devoted to the full development of ALC as another way to introduce to the community to The Information Society.

Keywords: Community Local Access, unlicensed spectrum, community rights, wireless communications infrastructure, autonomous community networks.

RESUMEN

El desarrollo de la tecnología inalámbrica ha producido hechos sociales que deben ser tenidos en cuenta en la reglamentación de las telecomunicaciones. En particular, se debe registrar el hecho de que en muchas ciudades del mundo la comunidad se ha organizado para construir su propia infraestructura inalámbrica de comunicaciones en bandas no licenciadas. El desarrollo de este comportamiento nos lleva a cuatro asuntos concretos. El primero, al derecho que deberían tener las comunidades al Acceso Local Comunitario (ALC, léase alce), es decir a organizarse de manera autónoma (sin intermediarios) para tener conectividad comunitaria local. El segundo, la reglamentación debería proveer de los espacios tanto técnicos (espectro) como legales (asociación comunitaria) para el desarrollo de este derecho. El tercero, el gobierno debería apoyar a aquellas organizaciones (universidades) que conduzcan a la sociedad al uso ordenado y óptimo de los espacios dados para el desarrollo del ALC. Y finalmente el cuarto, el gobierno debería apoyar las investigaciones que se efectúen para el desarrollo total del ALC con el objeto de que este sea otro medio eficaz para introducir a la comunidad en la Sociedad de la Información.

1. INTRODUCCIÓN

La actitud que ha adoptado la comunidad en muchas ciudades del mundo de autodesarrollar su infraestructura de red inalámbrica en espectro no licenciado plantea retos técnicos y jurídicos que deben ser resueltos tanto por el gobierno en la reglamentación de las telecomunicaciones como apoyado por los entes que están conduciendo a la comunidad por las vías de la Sociedad de la Información. A continuación analizaremos algunos aspectos que consideramos importantes para el desarrollo del Acceso Local Comunitario (ALC), tomando en algunos casos la situación actual colombiana.

2. ANTECEDENTES

La tecnología inalámbrica ha pasado por varias fases regulatorias durante su historia. A finales de los 1800s y a comienzo de los 1900s existieron muchos científicos, experimentadores, entusiastas alrededor de esta tecnología. Entre más estaciones se colocaban en el aire, la interferencia entre ellas se convertía en un problema serio. En 1921 el gobierno de Estados Unidos comenzó a exigir licencias para todos los transmisores. El uso de sistemas de radio creció rápidamente durante el siglo XX, por tanto hubo necesidad de regular las transmisiones y licenciar a los transmisores. Esto limitó el uso de equipo inalámbrico a aquellas compañías o individuos que podían pagar el costo de una licencia y comprar el equipo inalámbrico, el cual tenía costos altos. Es decir, el acceso al bien público, que es el espectro radioeléctrico, era elitista.

En 1985, la *Federal Communications Commission (FCC)*, expidió una regulación, por la que por primera vez, se permitía el uso inalámbrico de banda ancha sin la necesidad de solicitar por, pagar por, y esperar por una licencia. Para operar en espectro no licenciado, el equipo inalámbrico debía cumplir con lo siguiente:

- Operar a bajos niveles de potencia
- Usar modulación de espectro ensanchado
- Transmitir sólo en tres bandas específicas.

Como efecto de esta regulación, fue posible la fabricación de equipos que trabajaran en las bandas no licenciadas a precios más bajos que su contraparte en bandas licenciadas.

Inicialmente la banda escogida para las telecomunicaciones en espectro no licenciado fue la banda *ISM (Industrial Scientific and Medical)*. Las bandas *ISM* se usan con equipos destinados a producir y utilizar en un espacio reducido energía radioeléctrica con fines industriales, científicos y médicos, domésticos o similares, con exclusión de todas las aplicaciones de telecomunicación. Por tanto se especifica que los servicios de radiocomunicaciones que funcionen en estas bandas deberán aceptar la interferencia perjudicial resultante de las aplicaciones *ISM*.

Antes de 1985, la *FCC* sólo permitía en forma no licenciada a dispositivos de baja potencia y corto alcance tales como monitores para bebés y mandos para apertura de garajes. Por el corto alcance de estos transmisores, no se causaba interferencia a otros sistemas inalámbricos. En 1985, la *FCC* decidió permitir la operación en bandas no licenciadas a sistemas de espectro ensanchado, atendiendo a que:

- Una señal inalámbrica de espectro ensanchado es aquella que despliega su energía sobre un espectro de frecuencia en vez de concentrarla toda sobre una frecuencia. Al desplegar esta energía, hay menos probabilidad a causar interferencia a otros sistemas de espectro ensanchado o que no son de espectro ensanchado.
- Las señales de espectro ensanchado son menos susceptibles a ser interferidas que las señales que no son de espectro ensanchado.
- Si transmisores de espectro ensanchado de baja potencia funcionando en las bandas operan en la misma área general no causarán una interferencia significativa si lo hacen en régimen de línea de vista, es decir en términos coloquiales “las señales no se llevarán muy lejos”.
- Muchos sistemas de espectro ensanchado funcionan en interiores. Por tanto, las paredes de los edificios absorben mucha energía inalámbrica antes de que puedan ir muy lejos y causar problemas de interferencia.

Con estas consideraciones, los primeros equipos que incluían estas características fueron de corto alcance, dedicados a LANs en interiores. Fueron usados para aplicaciones como marcación de precios en tiendas y administración de inventarios. Más tarde, los fabricantes de equipo inalámbrico comenzaron a ofrecer equipo de espectro ensanchado con sistemas de antena mejorados que los habilitaba para ser usados en enlaces de larga distancia exteriores entre edificios. Estos enlaces exteriores ofrecían una alternativa de bajo costo a las caras líneas dedicadas ofrecidas por las compañías telefónicas locales. Alrededor de 1995, los primeros proveedores de servicios de Internet, comenzaron a usar la tecnología para proporcionar acceso inalámbrico de banda ancha al público.

3. BANDAS ISM NO LICENCIADAS PARA TELECOMUNICACIONES

En 1985, la FCC autorizó el uso de equipo de espectro ensanchado las siguientes tres bandas ISM:

- o 900 a 928 MHz (intervalo de los 900 MHz)
- o 2,4 a 2,483 GHz (intervalo de 2,4 GHz)
- o 5,725 a 5,850 (intervalo de 5 GHz).

En Colombia, en contravía con la tendencia tecnológica, en la Resolución Número 3382 de diciembre de 1995 del Ministerio de Comunicaciones, se autoriza el uso de espectro ensanchado en estas bandas y por el cual se deberá pagar un registro anual calculado con la siguiente fórmula:

$$\text{VALOR REGISTRO (\$)} = K \times \frac{\text{AB (MHz)} \times \text{SMLM (\$)}}{5.2 \text{ (MHz)}}$$

Donde:

- K = 2, para uso en edificaciones y zonas conexas.
- K = 3, para enlaces punto a punto.
- K = 10 para enlaces punto multipunto

AB Ancho de banda total a utilizar, en MHz.
SMLM Salario mínimo legal mensual en pesos colombianos

4. LA INICIATIVA U-NII

En enero 9 de 1997 la FCC liberó 300 MHz de espectro no licenciado en la banda de 5 GHz para uso de una nueva categoría de equipo de radio llamado “*Unlicensed National Information Infrastructure*” o dispositivos U-NII. Se autorizó el uso de espectro no licenciado para equipo inalámbrico de baja potencia y de no espectro ensanchado en las siguientes bandas U-NII:

- o 5,15 a 5,25 GHz
- o 5,25 a 5,35 GHz
- o 5,725 a 5,825 GHz.

Esta liberación se hizo porque la FCC creía que este espectro habilitaría oportunidades para proveer servicios avanzados de telecomunicaciones para instituciones educativas, proveedores para el cuidado de la salud, bibliotecas, etc, lográndose las metas de servicio universal señaladas en el Acta de Telecomunicaciones de 1.996.

5. ACCESO Y SERVICIO UNIVERSAL

El Acta de Telecomunicaciones de 1996 se produce para promover la competencia y reducir la regulación y así asegurar precios más bajos y servicios de mayor calidad para los consumidores de comunicaciones estadounidenses, favoreciendo el rápido desarrollo de nuevas tecnologías de telecomunicaciones.

Tal vez lo más importante de esta Acta, es que se plasman las políticas básicas de servicio universal de los Estados Unidos, las cuales siguen los siguientes principios:

- Calidad y precios: la calidad de los servicios debe estar disponible a precios justos y alcanzables.
- Acceso a servicios avanzados: el acceso a los servicios avanzados de telecomunicaciones y a los servicios de información deben ser proveídos en todas las regiones de la Nación.
- Acceso en áreas rurales y de alto costo: los consumidores en todas las regiones de la Nación, incluyendo consumidores de bajos ingresos y los que están en áreas rurales, insulares y de alto costo, tendrán acceso a los servicios de telecomunicaciones y servicios de información, incluyendo servicios de diferentes proveedores y servicios avanzados de telecomunicaciones e información, los cuales deben razonablemente comparables a los servicios prestados en áreas urbanas y que están disponibles a precios que son razonablemente comparables a precios de servicios similares en áreas urbanas.
- Contribuciones equitativas y no discriminatorias: todos los proveedores de servicios de telecomunicaciones deben hacer una contribución equitativa y no discriminatoria para la preservación y avance del servicio universal.
- Existirán los mecanismos a nivel estatal y federal para preservar y avanzar el Servicio Universal.
- Las escuelas elementales y secundarias y sus salones de clase, proveedores de servicios de salud y bibliotecas tendrán acceso a telecomunicaciones avanzadas.
- Se tomarán las medidas necesarias y apropiadas para protección del interés público, convenientes y necesarias y consistentes con el Acta.

Aunque en Colombia no existe aún una Ley de Telecomunicaciones, existen algunos borradores en los que podemos encontrar la definición colombiana acerca del servicio universal. Extractemos lo que se menciona en un borrador de marzo 7 de 2003 [1]:

“Se entiende por Servicio Universal, aquél encaminado a llevar soluciones de telecomunicaciones a cada habitante del territorio nacional, a precio asequible.”

Podremos fácilmente concluir que aunque la intención detrás de la definición del Servicio Universal sea un desarrollo constitucional del concepto de igualdad, esto ha sido un imposible práctico. Adicionalmente el concepto colombiano de Servicio Universal resulta pobre si lo comparamos con el concepto enunciado en el Acta de Comunicaciones del 96.

De igual forma, podemos encontrar la definición de Acceso Universal:

“Se entiende por Acceso Universal el derecho que tiene la población de contar con la infraestructura mínima de telecomunicaciones necesaria para el uso de las tecnologías de información y comunicaciones, de uso comunitario, a una distancia aceptable con respecto a su ubicación y a un costo razonable”.

Pareciese que por su carácter grupal, el desarrollo del derecho al Acceso Universal es más alcanzable. Sin embargo tanto el concepto de Servicio Universal, como de Acceso Universal, tienen implícito el que el gobierno a través de entes como el Fondo de Comunicaciones, debe proveer la infraestructura de comunicaciones.

6. HACIA EL NUEVO PARADIGMA DEL ACCESO LOCAL COMUNITARIO

A raíz de la tecnología que se impulsó como consecuencia del Acta de Telecomunicaciones de 1996, se desarrolló un sistema de telecomunicaciones avanzadas a bajo precio. En 2002, la demanda de WLAN 802.11 para los negocios creció 65% a 11.6 millones de unidades, mientras que la demanda para hogares creció 160% a 6.8 millones de unidades.

Usando esta misma tecnología operadores de telecomunicaciones u organizaciones de origen ciudadano, han logrado conectividad inalámbrica con cubrimiento municipal. En Colombia tenemos el ejemplo de Telebucaramanga [2], para el caso de operadores y para el caso de organizaciones de origen ciudadano podemos citar a *San Francisco Wireless (SFLan)* [3]. Inclusive ya existen antecedentes de enlaces continentales como el enlace Tarifa (España) –Tanger (Marruecos) en junio de 2005 como parte del proyecto *Fadaiat* [4].

Sin embargo, se debe reconocer que la tecnología que una a una ciudad en forma totalmente inalámbrica, de bajo costo, que use recursos libres y que sea totalmente estandarizada está aún naciendo. Y está naciendo con el concepto de redes inalámbricas en malla. Las redes en malla buscan la autoconfigurabilidad (sin intermediarios, sin operadores) y la organización plana fundamentalmente. Cada nodo puede enviar mensajes en nombre de otro, incrementándose así el cubrimiento y el ancho de banda disponible. Para describir esta red podríamos decir que es una red multipunto-a-multipunto, la cual no está regulada.

Existen múltiples proyectos como la red *Roofnet*, diseñada y puesta en funcionamiento por el MIT [5], la red *FunkFeuer* [6] (red experimental en Viena), inclusive *Microsoft* [7] está experimentando su módulo llamado *Mesh Connectivity Layer (MCL)*, IEEE ha creado el grupo 802.11s (*ESS Mesh Networking*) [8] para la estandarización de redes en malla La Universidad Distrital Francisco José de Caldas también está proponiendo la red Bogotá Sin Hilos (BogSih) para la ciudad de Bogotá. Luego el interés es evidente en varios sectores.

El desarrollo de la Sociedad de La Información es una responsabilidad de los participantes y es considerado fundamental para la evolución de la sociedad. En esta Sociedad todos somos productores y receptores de información. Es decir, hay un concepto igual-igual. En teoría este es el mismo concepto de Internet, pero en realidad con Internet este concepto ha mutado a una relación jerárquica, convirtiéndose en una metaentidad a la que algunos tienen acceso. La arquitectura de red en malla (en especial a nivel local) nos devuelve al concepto inicial, el cual es propicio para el desarrollo de la Sociedad de la Información. Es posible que existan otras propuestas, sin embargo debe existir un marco regulatorio que permita el desarrollo de todas ellas.

7. LEGISLACIÓN DE ALGUNAS BANDAS LIBRES EN COLOMBIA

Para nuestra discusión, debemos tener claro lo que es acceso fijo inalámbrico: Según el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias “Es la conexión, mediante el uso del espectro radioeléctrico, en configuración punto multipunto, entre elementos de la RTPBC (Red Telefónica Pública Básica Conmutada) y los terminales fijos de usuarios del servicio de TPBC (Telefonía Pública Básica Conmutada) Local y/o Local extendida. A través de la red terrenal que haga uso del espectro radioeléctrico asignado, se podrán prestar adicionalmente otros servicios fijos de telecomunicaciones, para lo cual el operador que cuente con el correspondiente permiso deberá tener los respectivos títulos habilitantes y en la prestación de dichos servicios deberá cumplir con la normatividad aplicable.”

De acuerdo con la resolución 1833 de 28 de julio de 1998, las bandas 5,15 – 5,25 GHz, 5,25 – 5,255 GHz, 5,255 – 5,3 GHz y 5,725 – 5,825 GHz están atribuidas a título primario en el ámbito nacional para el ejercicio de actividades de telecomunicación mediante redes inalámbricas privadas de banda ancha, baja potencia y corto alcance conocidas en el ámbito internacional como Hiperlan o U-NII.

La Resolución Número 797 de junio de 2001 entre muchas otras bandas, se declaran libres las bandas de frecuencia de 915 a 924 MHz, 2400,0 a 2483,5 MHz, 5150 a 5250 MHz para aparatos de telecomunicaciones inalámbricas. Esto se hace en el caso de la banda de 2,4 GHz con 16 años de retraso.

Posteriormente, en la Resolución 526 de 2002 se atribuyen unas bandas de frecuencias para el acceso fijo inalámbrico. Una de estas bandas es 2300,0-2500,0 MHz. Estas bandas quedan atribuidas al servicio radioeléctrico fijo y para el acceso fijo inalámbrico a título primario y compartidas a título secundario con los servicios previstos en el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias. Es decir, la banda de 2,4 GHz puede ser utilizada sin licencia pero no a título primario.

En la práctica esto habilitaría a un operador a usar esta banda no solamente para telefonía. Más aún, como es una asignación a título primario, el operador podría estar protegido por la ley ante cualquier interferencia originada por un equipo que opere en esta banda ya que un servicio primario tiene prioridad absoluta.

Con la Resolución 689 de 2004, se reglamenta las condiciones de operación para sistemas que usen modulación digital. En la tabla resumimos las condiciones de operación para sistemas que usen modulación digital y espectro ensanchado por secuencia directa. De esta tabla podemos concluir que la resolución 689 asigna en total 689,5 MHz para operación en espectro no licenciado.

Condiciones de operación para sistemas que usen modulación digital

BANDA (MHz)	Potencia Pico Máxima del Transmisor (Vatio)	PIRE Máximo (dBm)	Si Gant > 6 dBi → Potencia Máxima del Transmisor (dBm) - Multipunto	Si Gant > 6 dBi → Potencia Máxima del Transmisor (dBm) - Punto a Punto
902 a 928	1	36	30 - (Gant -- 6)	
2 400 a 2 483,5	1	36	30 - (Gant -- 6)	30 - [(Gant -- 6)/3]
5 150 a 5 250	0,05	23	17 - (Gant -- 6)	
5 250 a 5 350	0,25	30	24 - (Gant -- 6)	
5 470 a 5 725	0,25	30	24 - (Gant -- 6)	
5 725 a 5 850	1	UNII punto-a-punto: 53, otro: 36	30 - (Gant -- 6)	U-NII: 30 - (Gant - 23)

La utilización de antenas omnidireccionales solo será permitida en sistemas inalámbricos cuya potencia radiada sea menor o igual a 100 mW. Los sistemas que excedan esta potencia deberán emplear antenas direccionales con un ancho de lóbulo no mayor a 90 grados

Tabla. Operación en bandas no licenciadas en Colombia

8. USO DE BANDAS LIBRES POR LOS OPERADORES.

El uso de las bandas libres por parte de un operador deja varias dudas:

- A pesar de que un operador tiene habilitado el uso de la banda de 2,4 GHz, realmente ¿puede proteger a sus clientes de interferencias ante el uso de equipo Wi-Fi de otros no clientes? Todos sabemos que *Wi-Fi (Wireless Fidelity)* se ha convertido en una tecnología inalámbrica masiva dado sus bajos costos. Realmente sería muy difícil invocar la protección del Ministerio de Comunicaciones para anular posibles interferencias. Más aún, es posible que esté invertido el concepto del interés público. ¿Se debe priorizar el interés de un operador sobre el interés de una comunidad que puede utilizar el espectro de una forma no licenciada sin que medie un operador?

Como se ha mencionado, en Colombia ya existe por lo menos un antecedente de este modo de operación por parte de un operador. Es posible que otros operadores sigan este ejemplo en sus respectivas regiones. Y más aún. A raíz de lo negociado en el TLC (Tratado de Libre Comercio entre Estados Unidos y Colombia), no se podría evitar que un operador de Estados Unidos se en las bandas no licenciadas. Esto nos llevaría posiblemente a una seria restricción para la operación secundaria ellas.

- En el documento CONPES (Consejo Nacional de Planificación Económica Social) 3371 de 18 de agosto de 2005 se comenta que “La apertura en Colombia de estas bandas (libres) para la libre operación de los sistemas de acceso inalámbrico ha permitido el libre desarrollo de la infraestructura nacional inalámbrica de banda ancha, a través de pequeñas y medianas empresas, y por entidades y corporaciones, públicas y privadas, que podrán realizar aplicaciones de Red inalámbrica de área local (LAN) para facilitar sus necesidades de comunicación. Incluso, ha permitido la operación del Internet inalámbrico mediante las tecnologías del estándar 802.11 conocido como *Wi Fi*. Otra de las aplicaciones observadas, se encuentra en la banda de 5725 a 5850 MHz, en la cual se puede efectuar radiocomunicaciones puntuales de última milla, que permite conexiones de banda ancha a pequeñas poblaciones o centros poblados, de manera similar a las ofrecidas por el estándar tecnológico WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)”

Nótese que el énfasis está centrado en el uso directo de la red de quien coloca dicha red, con el objeto de satisfacer sus necesidades de comunicaciones. Realmente es una referencia al uso secundario de esta banda. No se especifica el uso de las bandas para operadores de telecomunicaciones.

Este documento CONPES no es suficientemente claro respecto al uso del espectro de 5,8 GHz, ya que como se ha demostrado, este está especificado para el uso de redes privadas. Una red privada es toda red utilizada para establecer comunicaciones dentro de una organización (en contraposición a la prestación de servicios al público) o para suministrar esas comunicaciones a organizaciones basándose en una configuración de instalaciones propias o arrendadas. El término comprende las redes utilizadas por las compañías privadas, las empresas estatales o entidades gubernamentales.

Adicionalmente en el documento no se menciona el uso de esta banda para comunicaciones en urbes.

- ¿Porqué un operador usaría las bandas libres?

Una razón puede ser económica. La resolución 2070 de 2005 otorga tres (3) permisos de uso con área de operación nacional en la banda 3,5 GHz. Además otorga dos (2) permisos adicionales de área de operación departamental. El Ministerio de Comunicaciones [9] calcula que las solas bandas nacionales tienen un costo anual de US\$1,87 millones. El costo anual de la banda departamental por ejemplo para Cundinamarca es de US\$ 447.669 y para Santander es de \$US 146.715. El espectro total asignado para WiMax es de 200 MHz (3,4-3,6 GHz).

Si trasladamos estos costos al espectro no licenciado de 689,5 MHz, sobre los cuales los operadores pueden tener acceso sin costo (no hay evidencia de lo contrario), vemos que esta banda tiene un valor intrínseco alto. El uso sin costo de esta banda podría significar ahorros en la operación de un proveedor, al menos visto desde el punto meramente numérico. Agréguese a esto el bajo costo de los equipos inalámbricos necesarios.

Sin embargo, pueden haber otras motivaciones. Una motivación puede nacer del genuino ánimo de llevar a la población servicios inalámbricos de bajo costo (aunque no necesariamente de alta calidad), situación que se da por dos razones. Un operador puede aprovechar su base organizacional para llevar a cabo un proyecto de este estilo y la sociedad no se ha organizado para la explotación de un recurso escaso y que ha sido declarado no licenciado.

9. PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DEL ACCESO LOCAL COMUNITARIO

Con los anteriores argumentos, nos permitimos hacer una propuesta de acciones que habilitarían en nuestro concepto la explotación coordinada del espectro no licenciado:

- **En la regulación y en una posible Ley de las Telecomunicaciones se debería aceptar el hecho de que las comunidades se pueden organizar para suministrar y poner en funcionamiento su propia infraestructura de comunicaciones para proporcionar un Acceso Local Inalámbrico Comunitario a todos los habitantes.**

- **El gobierno debería atribuir título primario las bandas de 2,4 GHz y 5 GHz para prestar los servicios de radiocomunicación que están de acuerdo con la operación descrita en la resolución 689 de 2004 del Ministerio de Comunicaciones.**

- **El gobierno debería incentivar a aquellas instituciones, como por ejemplo universidades, que conduzcan a la comunidad a establecer una organización operativa y técnica que permitan la meta del Acceso Local Inalámbrico Comunitario , así como todas aquellas investigaciones que conduzcan a la misma meta.**

REFERENCIAS

1. <http://www.leytelecomunicaciones.gov.co/docs/ProyectoPaginaMarzo7.doc>
2. http://www.telebucaramanga.com.co/code/tb_serv_inalambrico.htm
3. <http://www.archive.org/web/sflan.php>
4. Velásquez, N. Proyecto Fadaiat. @RROBA, No 95, (Agosto, 2005), pp. 8-12.
5. <http://www.comclub.org/roofnet/>
6. <http://funkfeuer.at/index.php?id=42&L=1>
7. <http://research.microsoft.com/mesh/>
8. http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/tgs_update.htm
9. www.asonet.org.co/documentos/viceministro2.ppt

Flexible Querying of XML Knowledge Base through the MIEL Language

Marco J Suarez Barón

Université Paris XI, Laboratoire de Recherché
en Informatique. LRI,
Paris, France, 95450 Orsay Cedex
suarez@lri.fr

ABSTRACT

This paper presents a new subsystem of the “E.dot” knowledge base. This knowledge base contains useful information to help experts in the predictive microbiology field. The information has several specific properties: it is incomplete, inaccurate and heterogeneous. In the pre-existing “E.dot” knowledge base, stable data are stored in a relational database. The data which does not fit the relational structure are stored in a conceptual graph knowledge base. The MIEL language permits scanning simultaneously both bases in a transparent way for the user by using fuzzy queries. The new subsystem described in the paper contains information found on the Web to complement the knowledge base. This information has been stored in XML format.

Keywords: Knowledge Base, MIEL Language, Ontology, Schema, XML.

RESUMEN

Este trabajo presenta nuevo subsistema de la Base del conocimiento “E.dot”. esta base de conocimiento contiene información refinada para ayuda a expertos en el campo de la microbiología predictiva. La información tiene varias propiedades específicas, es incompleta, inexacta y heterogénea. En la fase anterior “E.dot” los datos eran estables y estaban almacenados en una base de datos relacional, la cual determinada como una estructura relacional guardada como un grafo conceptual como forma de representación del conocimiento. El lenguaje de consulta MIEL permite explorar simultáneamente ambas bases en una vía transparente para el usuario usando consultas difusas. El nuevo subsistema descrito contiene información encontrada en la Web como complemento a la base de conocimiento. Esta información ha sido guardada en formato XML.

Palabras claves: Base de conocimiento, Lenguaje MIEL, Ontología, Esquema XML, XML.

1. INTRODUCTION

This work is involved in a French national project, called “E.dot”, which aims is building a tool to help experts in the predictive microbiology field. This tool is composed of two subsystems: (1) a knowledge base which gathers knowledge about the behavior of pathogenic germs in food products, (2) a simulation tool. This paper is dedicated to the knowledge base subsystem. The information stored in this knowledge base is characterized by several specific properties: it is incomplete, inaccurate and weakly-structured. This information is incomplete by nature because it is not possible to store information about all existing food products and all existing germs. It is inaccurate because of the complexity of the underlying biological processes. It is weakly-structured because the information comes from heterogeneous sources (bibliographical literature, industrial partners,...) and from knowledge about predictive microbiology, which is still a field of research, and as such is then evolving rapidly. To take those properties into account, I had made choices in the design of the “E.dot” knowledge base and its querying system, called MIEL (see [1, 2]). The more stable information (in terms of structure) is stored in a relational database. The information which does

not fit the relational structure is stored in a more flexible representation model: the conceptual graph model. The inaccurate information stored in the “E.dot” knowledge base is represented by possibility distributions in both bases.

In the framework of another project called Sym’Previous, the aim is to complete the “E.dot” knowledge base with information, semi- automatically found on the Web. Information retrieved from the Web in different formats (html, PDF, excel ...) is stored in XML format[3] in an additional local knowledge base especially adapted to store XML documents: the Xtab system (see [5]).

2. BACKGROUND

Fuzzy set theory

I have used in this article the representation of fuzzy sets proposed in [7].

Definition 1

A **fuzzy set** f on a definition domain $Dom(f)$ is defined by a membership function μ_f from $Dom(f)$ to $[0, 1]$ that associates the degree to which x belongs to f with each element x of $Dom(f)$.

Definition 2

For any fuzzy set f defined on a definition domain $Dom(f)$ with μ_f its membership function, I note **support** $(f) = \{x \in Dom(f) | \mu(x) > 0\}$ and **kernel** $(f) = \{x \in Dom(f) | \mu(x) = 1\}$.

The fuzzy set formalism can be used in two different ways: (1) in the knowledge base, in order to represent inaccurate data expressed in terms of possibility distributions or (2) in the queries, in order to represent fuzzy selection criteria which express the preferences of the final user. In order to answer queries in a knowledge base involving fuzzy sets, I must be able to compare fuzzy sets. It has studied several comparison degrees in [4]. I present here the “possibility degree” which is classically used to evaluate the compatibility between a fuzzy selection criterion and an inaccurate datum. A fuzzy set can be defined on a continuous or discrete definition domain.

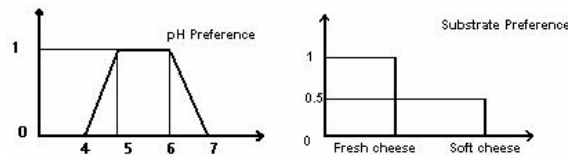


Figure 1. The fuzzy set pH Preference noted [7] is a continuous fuzzy set and the fuzzy set Substrate Preference noted $(1/\text{Fresh cheese} + 0.5/\text{Soft cheese})$ is a discrete one.

Definition 3

Let f and g be two fuzzy sets defined on the same definition domain Dom , representing respectively a selection criterion and an inaccurate datum, and μ_f and μ_g being their respective membership functions. The **possibility degree of matching** between f and g (see figure 2) is $\Pi(f, g) = \sup_{x \in Dom} (\min(\mu_f(x), \mu_g(x)))$.

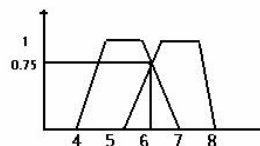


Figure 2. The degree of possibility of matching between the two fuzzy sets is 0.75.

Remark 1

The evaluation of the degree of possibility between a fuzzy selection criterion and a crisp datum is a particular case of definition 3.

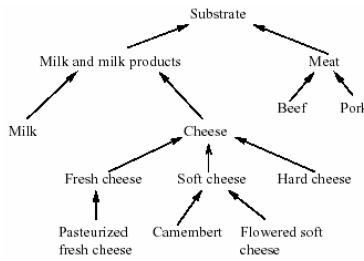


Figure 3. A part of the ontology composed by the attribute Substrate and its hierarchized symbolic definition domain.

The MIEL Query Language

In the MIEL system, the interrogation of a knowledge base is made through the MIEL query language. This interrogation relies on a set of pre-written queries, called views, which are given to help the final user to express his/her queries and an ontology which contains the vocabulary used to express the queries. I introduce the MIEL query language by presenting successively the ontology, the views, the queries and the answers to a query.

- The ontology of a knowledge base in the MIEL system is composed by the set of attributes which can be queried by the final user and their corresponding definition domain. As a matter of fact, each attribute is defined on a definition domain which can be of three kinds: (1) numeric, it is then completely ordered (for example the real numbers); (2) “flat” symbolic, it is then composed by unordered constants (for example a set of authors); or (3) hierarchized symbolic, it is then partially ordered by the “kind-of” relation.
- The views are the way given to the final user to query the knowledge base, without having to know the complexity of the schema of the base. In the MIEL system, a view is composed by a visible part that which is the set of “queryable” attributes and a hidden part which is the description of the structure of the view (the way the attributes are linked together in the knowledge base).
- A query is an instantiation of a given view by the final user, by specifying, among the set of queryable attributes of the view, which are the selection attributes and the projection attributes of the query.

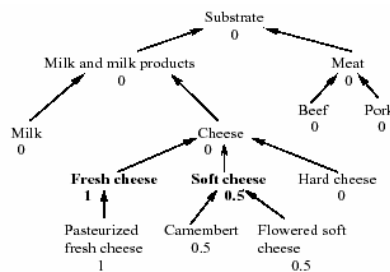


Figure 4. Fuzzy set in extension corresponding to the fuzzy set Substrate Preference

Definition 4

A query Q asked on a view V defined on n attributes $\{a_1, \dots, a_n\}$ is defined by $Q = \{V, a_1, \dots, a_l, \langle a_{l+1}, v_{l+1} \rangle, \dots, \langle a_m, v_m \rangle\}$, $1 \leq l \leq m \leq n$ where a_1, \dots, a_l represent the list of the projection attributes and a_{l+1}, \dots, a_m represent the conjunction of the selection attributes with their respective values v_{l+1}, \dots, v_m . The crisp or fuzzy values v_i , $i \in [l+1, m]$, must belong to the definition domain of the attributes a_i .

I am interested in the fuzzy value of a selection attribute which has a hierarchized symbolic definition domain. In that case, the fuzzy set used to represent the fuzzy value can be defined on a subset of the hierarchized symbolic definition domain of the selection attribute. Such a fuzzy set is called a **fuzzy set in intention** since it is considered to define degrees implicitly on the whole definition domain of the selection attribute. In order to take those implicit degrees into account, a **fuzzy set in extension** is associated with every fuzzy set in intention (see [4, 5] for more details).

Example 1

Let us consider the fuzzy value $(1/\text{Fresh cheese} + 0.5/\text{Soft cheese})$ (see figure 1) assigned by the final user to the selection criterion Substrate. It can be interpreted as “the final user wants fresh cheese as a substrate and he/she also accepts soft cheese but with a lower interest”. Since the selection criterion Substrate has a hierarchized symbolic definition domain (see figure 3), I can consider that the final user who is interested in fresh cheese is also interested in all the kinds of fresh cheese such as pasteurized fresh cheese. The fuzzy set in extension given in figure 4 takes the “kind-of” relation into account by propagating the degree associated with a value to all the specializations of that value.

When a fuzzy set is used to represent a selection criterion defined on a hierarchized symbolic definition domain, the fuzzy set in extension is computed and used to search for satisfying answers in the knowledge base. Note that this mechanism of transformation of a fuzzy set in intention into a fuzzy set in extension can also be used when the fuzzy set is used to represent a fuzzy datum.

- An answer to a query Q must (1) satisfy all the selection criteria of Q in the meaning of definition 5 given below and (2) associate a constant value with each projection attribute of Q .

Definition 5

Let $\langle a, v \rangle$ be a selection criterion and a value v' of the attribute a stored in the knowledge base. The selection criterion $\langle a, v \rangle$ is satisfied if $\Pi(v, v') > 0$ in the meaning of definition 3. As the selection criteria of a query are conjunctive, I use the min operator to compute the adequation degree associated with the answer.

Definition 6

An answer A to a query $Q = \{V, a_1, \dots, a_l, \langle a_{l+1}, v_{l+1} \rangle, \dots, \langle a_m, v_m \rangle\}$, is a set of tuples, each of the form $\{v_1, \dots, v_l, ad\}$, where v_1, \dots, v_l correspond to the crisp or fuzzy values associated with each projection attribute a_1, \dots, a_l of Q , where all the selection criteria a_{l+1}, \dots, a_m of Q are satisfied with the respective possibility degree Π_{l+1}, \dots, Π_m and where ad is the adequation degree of the answer A to the query Q defined as follows:

$$ad = \min_{i=l+1}^m (\Pi_i)$$

3. THE E.DOT XML KNOWLEDGE BASE

In order to store the information retrieved from the Web in different formats (html, pdf, xml, excel) [11], this search want to add a third knowledge base in the “E.dot” knowledge base, represented with the XML format. I propose to use the tree-based model as the one proposed in the Xyleme Project [5] in order to represent the XML knowledge base with a clear formalization. One of the specificities of the data stored in the “E.dot” knowledge base is their imprecision. I propose an extension of the tree-based model in order to represent such fuzzy data. First, I briefly give the definitions of the tree-based model used to represent the XML knowledge base. Second, I describe how to represent fuzzy values in the XML knowledge base and Third, I present the “E.dot” XML knowledge base.

Preliminaries Notions: the tree-based model

In the tree-based model, an XML knowledge base is a set of data trees, each one of them presenting an XML document.

Definition 7

A data tree is a triple (t, l, v) where t is a finite tree, l a labelling function that assigns a label to each node in t and v a partial value function that assigns a value to nodes of t . The pair (t, l) is called a labelled tree.

The schema of a data tree is defined by a type tree which is a labelled tree such that no node has two branches labelled the same. A data tree (t, l, v) is said to be an instance of a type tree (t_T, l_T) if there exists a strict type homomorphism from (t, l) to (t_T, l_T) as defined below.

Definition 8

Let (t, l) and (t', l') be two labelled trees. The mapping h from nodes of t into nodes of t' is a **strict structural homomorphism** if and only if (1) h preserves the root of t : $root(t') = h(root(t))$ and (2) h preserves the structure of t : whenever node m is a child of node n , $h(m)$ is a child of $h(n)$. The mapping h is a strict type homomorphism if and only if h is a **strict structural homomorphism** which preserves the labels of t : for each node n of t , $l(n) = l'(h(n))$. The **schema** of an XML knowledge base is defined by the set of type trees which are associated with the data trees that it contains.

The Representation of Fuzzy Values in the Tree-based Model

Definition 9

Let f be a continuous fuzzy set. f is represented by a data tree which is composed of a root labelled CFS and composed of four leaves labelled $minSup$, $minKer$, $maxKer$, $maxSup$ (see figure 5) of respective values $min(support(f))$, $min(kernel(f))$, $max(kernel(f))$ and $max(support(f))$.

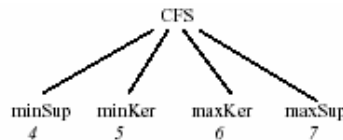


Figure 5. Data Tree Representing the Continuous Fuzzy Set pH Preference of Figure 1

Definition 10

Let f be a discrete fuzzy set. f is represented by a data tree which is composed of a root labelled DFS and such that for each element x of $Dom(f)$, there exists a node labelled $ValF$ that has two children labelled $Item$ and MD (see figure 6) (for Membership Degree) of respective values x and $\mu(x)$.

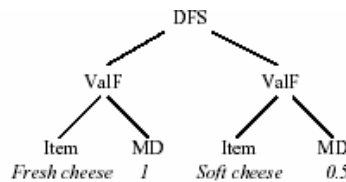


Figure 6. Data Tree Representing the Discrete Fuzzy Substrate Set Preference of Figure 1

The XML knowledge base

The “E.dot” XML knowledge base is a set of data trees, which are instance of type trees, and allow one to represent fuzzy values. According to definition 7, a data tree is a triple (t, l, v) where (t, l) is a labelled tree and v is a partial value function that assigns a value to nodes of t . In a fuzzy data tree, the nodes to which a value can be assigned by the function v are of two types. Firstly, they can be nodes having a (continuous or discrete) fuzzy value, that is to say nodes having only one child labelled CFS or DFS according to definitions 9 and 10. Secondly, they can be leaves that are not descendants of nodes labelled CFS or DFS (those leaves have then a crisp value). These two types of nodes are called respectively **fuzzy and crisp leaves**.

Definition 11

A fuzzy data tree is a triple (t, l, v) where (t, l) is a labelled tree and v is a partial value function that assigns a value to crisp and fuzzy leaves of t . The value assigned to a crisp leaf is an atomic value and the one assigned to a fuzzy leaf is a data tree with a root labelled CFS or DFS respectively conform to definitions 9 and 10.

Example 2

The fuzzy data tree D of figure 7 talks about experimental data retrieved from the bibliographical source Partner1-03. It concerns the behaviour of Bacillus Cereus in a substrate which may be Fresh Cheese (but it may be also camembert) whose pH value is between 6 and 6.8. This experience studies the influence of conservation temperature on the level of contamination of the substrate by Bacillus Cereus. Two temperatures have been tested (8 and 25 celsius degrees). At 8C, the initial contamination was 1950 CFU/g. After 3 days, it was 1000 CFU/g.

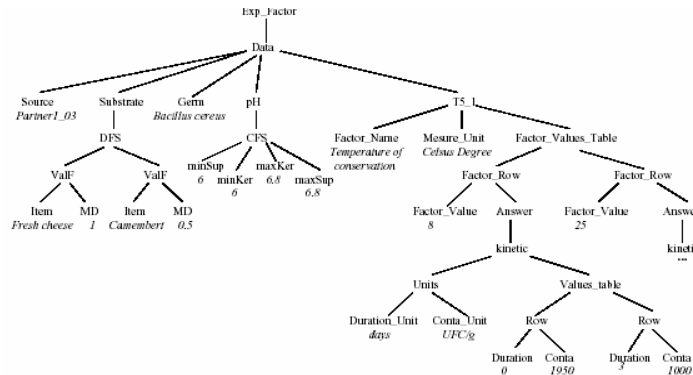


Figure 7. Fuzzy Data Tree D Representing one Experimental Result Belonging to the Bibliographical Source Partner 1-03.

Remark 2

Assigning a value to a continuous (resp. discrete) fuzzy leaf means assigning a value to each of its leaves labelled $minSup$, $minKer$, $maxKer$ and $maxSup$ (resp. to each of its leaves labelled *Item* and *MD*).

Example 3

The data tree $D = (t_D, l_D, v_D)$ of figure 7 is an instance of the type tree $T = (t_T, l_T)$ of figure 8: there it exists a strict type homomorphism from (t_D, l_D) to T (see definition 8). Note that the mapping between the nodes of t_D and the nodes of t_T only concerns a subset of the nodes of t_T .

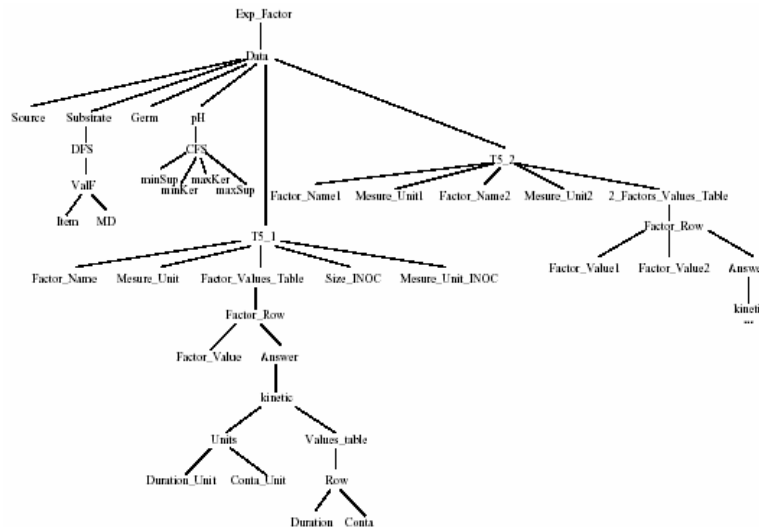


Figure 8. Type Tree T representing one Experimental Result Belonging to a Bibliographical Source

4. THE INTERROGATION OF THE XML KNOWLEDGE BASE IN THE MIEL SYSTEM

The Ontology

The Ontology defined in section “*The Miel Query Language*” is represented as a set of trees stored in a XML document. Each tree materializes the definition domain and the partially ordered “*kind-of*” relation associated with a queryable leaf of the XML knowledge base (queryable leaf substrate by example shown in figure 3).

The Views

The XML subsystem relies on a set of views, which allow one to query the XML knowledge base.

Definition 12

A **view conform to a type tree** (t_T, l_T) is a triple $V=(t_V, l_V, w_V)$ where (t_V, l_V) is an instance of (t_T, l_T) and w_V is a partial function that assigns the value q_1 to crisp and fuzzy leaves of t_V , indicating that such leaves are queryable ones.

The Queries

A query is an instantiation of a given view by the final user, by specifying, in the set of queryable leaves of the view, which are the selection leaves and which are the projection leaves of the query.

Definition 13

A query conform to a type tree (t_T, l_T) is a 6-tuple $Q=(t_Q, l_Q, w_Q, p_Q, s_Q, w_{sQ})$ where:

- (t_Q, l_Q, w_Q) is a view conform to (t_T, l_T) .
- p_Q is a partial function that assigns the value pl to queryable leaves of the view, allowing one to identify the **projection leaves** of the query.
- s_Q is a partial function that assigns the value sl to queryable leaves of the view, allowing one to identify the **selection leaves** of the query, also called selection criteria.
- w_{sQ} is a partial value function that assigns a value to the selection leaves of the query, such that the value assigned to a crisp leaf is an atomic value and the one assigned to a fuzzy leaf is a data tree with a root labelled CFS or DFS respectively conform to definitions 9 and 10.

Example 4

The following query Q (see figure 9) expresses that the final user wants to obtain the germ, the factor name and the substrate from the view Exp-Factor. Moreover, the fuzzy value assigned by the final user to the selection criterion Substrate can be interpreted as “he wants fresh cheese as a substrate, but he also accepts soft cheese but with a lower interest”.

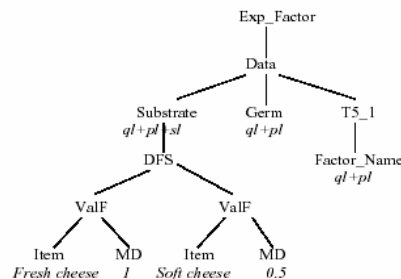


Figure 9. Query Q in the view Exp-Factor which contains the Results of the Effect of one Factor in Biological Experiments

Remark 3

When a fuzzy set is used to represent a fuzzy selection criterion defined on a hierarchized symbolic definition domain, the fuzzy set in extension is computed and used to search for satisfying answers in the knowledge base as seen in subsection 2.2 “The MIEL Query Language”.

The Answers

An answer to a query Q must (1) satisfy all the selection criteria of Q in the meaning of definition 5 and (2) associate a constant value with each projection leaf of Q . The search of the answers to a query in an XML knowledge base is made through the valuation of the query on the data trees of the knowledge base as defined below.

Definition 14

Let $Q=(t_Q, l_Q, w_Q, p_Q, s_Q, ws_Q)$ be a query conform to a type tree $T=(t_T, l_T)$ and $D=(t_D, l_D, v_D)$ be a data tree instance of the type tree T . A **valuation** of Q with respect to D is a mapping σ_D from the tree t_Q of Q into the tree t_D of D such that (1) σ_D is a strict type homomorphism from (t_Q, l_Q) into (t_D, l_D) and (2) σ_D satisfies each selection criterion $n_s^i, i \in [1, m]$, of Q with the possibility degree :

$$\Pi(ws_Q(n_s^i), v_D(\sigma_D(n_s^i))).$$

The adequation degree of the data tree D to the query Q through the valuation σ_D is:

$$ad_D = \min_{i \in [1, m]} (\Pi(ws_Q(n_s^i), v_D(\sigma_D(n_s^i)))).$$

I can now give the definition of an answer to a query in an XML knowledge base. An answer is a set of tuples, each tuple corresponding to a set of values given to each projection leaf of the query.

Definition 15

An **answer** to a query $Q=(t_Q, l_Q, w_Q, p_Q, s_Q, ws_Q)$ composed of m projection leaves noted n_p^1, \dots, n_p^m in an XML knowledge base KB is a set of tuples, each tuple being defined as follows: $\{ \bigcup_{i=1}^m v_D(\sigma_D(n_p^i)) \cup ad_D \mid D \text{ is a data tree of } KB \text{ and } \sigma_D \text{ is a valuation of } Q \text{ with respect to } D \}$.

Example 5

The answer to the query Q of figure 9 in the XML knowledge base of figure 7 is: $\{(1/\text{Fresh cheese}, 0.5/\text{Camembert}), \text{Bacillus cereus}, \text{Temperature of conservation}, ad=1.0\}$.

5. CONCLUSION

It has been defined the basic framework of a new subsystem in the MIEL system, the XML subsystem, in order to store the information retrieved from the Web in the predictive microbiology field. The XML subsystem is composed by an XML knowledge base which had to take into account the specificities of the knowledge stored in the “E.dot” knowledge base, moreover it could be queried by means of the MIEL query language, this in order to ensure its integration in the MIEL system. I have chosen to use the tree-based model for representing the XML knowledge base. It has proposed an extension of the tree-based model proposed in the Xyleme project (see [6]) to represent inaccurate data expressed as possibility distribution in the XML knowledge base. I had also adapted the tree-based model in order to allow one to query the XML knowledge base by means of the MIEL query language.

REFERENCES

1. Ciaccia, P. and Penzo, W. Adding Flexibility to Structure Similarity Queries on Xml Data, *Proceedings of the Fifth International Conference on Flexible Query Answering Systems (FQAS'2002)* (Copenhagen, Denmark), Lecture Notes in AI #2522, Springer, October 2002, pp. 124-139.
2. Prade, Q. Approach to Incomplete Information Databases Restated and Generalized in the Setting of Zadeh's Possibility Theory, *Information Systems 9* (1984), No. 1, pp. 27-42.
3. Suarez, M.J. Intelligent Model of Information Extracting from HTML Documents. *Proceedings of the 10th Argentine Congress on Computer Science (CACIC 2004)*, (Buenos Aires, Argentina), October 2004, pp.1550-1560.

4. Thomopoulos, V. Buche, P. and Haemmerlé, O. Sous-ensembles Fous d'efinis sur une Ontologie, *Revue des Nouvelles Technologies de l'Information E-2*, Vol 1, EGC'2004, pp 147–158.
5. Xyleme Project. A dynamic Warehouse for Xml Data of the Web. *IEEE Data Engineering Bulletin* (2001).
6. Zadeh, Z. Fuzzy sets, *Information and control* 8 (1965),pp. 338-353.
7. Zadeh, Z. Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility, *Fuzzy Sets and Systems 1* (1978),pp. 3-28.

La Reutilización del Conocimiento en Ambientes de Desarrollo de Software

Mg. Juan Carlos Obando Roldán
Universidad Nacional de Trujillo - UNT
Trujillo, Perú, 51
docenteunt@yahoo.es

Dr. Cesar Augusto Ramírez Luna Victoria
Universidad Nacional de Trujillo - UNT
Trujillo, Perú, 51
cramirez@unitru.edu.pe

ABSTRACT

The reuse of software has as aims to lighten the process of development and to increase the quality of the obtained software; nevertheless the lack of technological appropriate environments forces to give up achieving the above mentioned aims. This article presents a technological environment that close to an appropriate methodology, they guarantee the integral reutilization during the whole process of development of the software. The offer consists of the reutilization based on the management of the knowledge, using for it the methodology IRM (Incremental Reuse Methodology) and the technological environment CAKE (Computer Aided Knowledge Environment) Studio. IRM together with CAKE Studio allows to the Engineer of Software the identification, classification, recovery and organization of reusable knowledge to invest it in processes of development of the software. The environment CAKE Studio forms the whole integral platform for the reutilization of appliances of software during the whole process of development and where the principal "assets" come to be the knowledge.

Keywords: IRM, reuse, knowledge, CAKE.

RESUMEN

La reutilización de software tiene como objetivos aligerar el proceso de desarrollo e incrementar la calidad del software obtenido; sin embargo la carencia de entornos tecnológicos apropiados obliga a renunciar a lograr dichos objetivos. Este artículo presenta un entorno tecnológico que junto a una metodología apropiada, garantizan la reutilización integral durante todo el proceso de desarrollo del software. La propuesta consiste en la reutilización basada en la gestión del conocimiento, haciendo uso para ello de la metodología IRM (Incremental Reuse Methodology) y el entorno tecnológico CAKE (Computer Aided Knowledge Environment) Studio. IRM conjuntamente con CAKE Studio permiten al Ingeniero de Software la identificación, clasificación, recuperación y organización de conocimiento reutilizable para invertirlo en procesos de desarrollo del software. El entorno CAKE Studio configura toda una plataforma integral para la reutilización de artefactos de software durante todo el proceso de desarrollo y en donde el principal "activo" viene a ser el conocimiento.

Palabras claves: IRM, reutilización, conocimiento, CAKE.

1. INTRODUCCION

Si realizamos un examen atento sobre el discurso de profesionales asociados a la industria del desarrollo del software durante los últimos años, podremos observar el esfuerzo por abordar los problemas relacionados con la denominada "crisis del software", identificada inicialmente en la década de los años 60. Las primeras conferencias relacionadas a la crisis del software, exponían que el desarrollo del software adolecía de un amplio conjunto de problemas como la imprecisión en la planificación y estimación de costos, la poca productividad, las elevadas cargas de mantenimiento, las ofertas desfasadas con las exigencias de las demandas, la baja calidad y la dependencia de los realizadores [1].

En la actualidad las quejas siguen siendo básicamente las mismas, basta con observar el estudio realizado en el año 2003 por Standish Group Internacional, Inc: "The Chaos Report" [2] en donde se observa que sólo el 34% de los proyectos

de software son exitosos (terminan dentro de plazos y costos y cumplen los requerimientos acordados). Otro 51 % sobrepasa costos y plazos y cumple parcialmente los requerimientos. El resto ni siquiera llega al término y de ahí la naturaleza endémica de los problemas.

Esta situación, ha originado la reacción de académicos y especialistas; quienes han elaborado sus propuestas en busca de soluciones que permitan una gestión efectiva de los proyectos de software. Estas propuestas han sido abordadas a partir de diversas ópticas como la concepción de nuevas metodologías de desarrollo, nuevos modelos de estimación, nuevos modelos de gestión y nuevos paradigmas de reutilización [3].

En este artículo se presenta una propuesta que está basada en el uso de una metodología de reutilización basado en gestión del conocimiento. La propuesta viene acompañada por un conjunto de tecnologías y herramientas orientadas a la reutilización del conocimiento para invertirlo en procesos de desarrollo de software. La premisa básica de la propuesta es “reutilización de software a todo nivel”.

El artículo está organizado de la siguiente manera: En la sección 2 se exponen los trabajos realizados en esta línea de investigación. La sección 3 describe los conceptos de reutilización y reutilización del conocimiento, mientras que en la sección 4 propone la metodología y herramientas para reutilizar conocimiento. La sección 5 expone la “experiencia peruana” en reutilización de conocimiento y desarrollo de software. En la sección 6 se muestra la discusión de los resultados y finalmente en la sección 7 se exponen las conclusiones.

2. TRABAJOS PREVIOS

Existen algunos trabajos que tratan el tema de la reutilización como por ejemplo el informe técnico del Departamento de Informática y Automática de la Universidad de Salamanca [4] en donde se hace un estudio descriptivo de los diferentes paradigmas para la reutilización de software. También mencionamos el trabajo expuesto por PG Basset [5] quien denomina programadores artesanos a aquellos profesionales del software que no tienen en cuenta los conceptos de reutilización. En este trabajo menciona que la reutilización influye de manera significativa en temas como: productividad, capacidad de mantenimiento, portabilidad y la calidad. Por ello, la reutilización debe aplicarse a cada etapa del ciclo de vida (análisis, diseño, codificación, pruebas, y mantenimiento). De lo contrario, no se recogerán todos sus beneficios potenciales. Así mismo en el trabajo de Biggerstaff y Lubars [6] se señala que la reutilización, a nivel diseño como especificación, permite lograr resultados significativos, ya que pueden ser reutilizadas ramas completas de la estructura de un diseño.

3. LA REUTILIZACION

La reutilización es una estrategia utilizada por el hombre para resolver problemas. Cuando tenemos un problema por resolver cognitivamente buscamos si este ha sido resuelto antes; empezamos a buscar espacios mentales de problemas análogos que ya se han resuelto y adaptamos su solución al problema actual.

Reutilización del Software

Se define la reutilización de software como el uso de cualquier tipo de artefacto de software, o parte del mismo, creado con anterioridad, en un nuevo proyecto.” [7]. Y para precisar aun más:

- Cada artefacto reutilizado en el nuevo proyecto ha sido ligeramente modificado para ajustarse a una definición de problema, o a una necesidad de solución en el nuevo proyecto, o bien
- Cada artefacto reutilizable fue creado para funcionar en un contexto, entorno o aplicación completamente diferente a que se le va a dar en el nuevo proyecto.
- Cada artefacto reutilizado ha necesitado ser configurado para adaptarse a las especificaciones o requerimientos del nuevo proyecto

En el campo de la ingeniería de software la reutilización ofrece un gran potencial en términos de productividad y calidad del software. Productividad, porque amplifica la capacidad de programación, en el sentido de escribir menos código, reduciendo así la cantidad de documentación y pruebas que se deben realizar y genera un efecto de sinergia sobre la funcionalidad del sistema completo a partir de la funcionalidad de sus componentes. Calidad, porque el diseño de componentes se realiza pensando en su posterior utilización, con una documentación precisa, con procesos certificados

de prueba y validación y con una estructuración adecuada de las partes del componente para que sea entendible por el usuario.

Las necesidades de reutilización del software fueron identificadas por los primeros programadores. En la década de los años 60 los programadores construían el software en base a unidades de reutilización conocidas como subrutinas. Luego en la década posterior los programadores empezaron a usar los módulos como unidad de reutilización: procedimientos o funciones; mientras que en la década de los años 80 la clase pasó a formar la unidad de reutilización, gracias al impulso de la programación orientación a objetos. Ya en las últimas décadas se han propuesto diversos paradigmas de reutilización como la reutilización basada en Componentes (p.e Comercial Off-The-Shelf), Arquitecturas o Frameworks, Patrones de diseño, Líneas de Productos, Dominios, Mecanos entre otros.

La reutilización de software tiene como finalidad aligerar el proceso de desarrollo e incrementar la calidad del software obtenido; sin embargo investigadores en este ámbito coinciden en asegurar que mediante un programa de reutilización sistemático, automatizado y formal se conseguiría los propósitos anteriormente mencionados, aunque los intentos por alcanzar estos propósitos se han visto ralentizados por diversos factores, de los cuales quizá la carencia de entornos tecnológicos apropiados sea uno de los más destacables.

Reutilización del Conocimiento

La reutilización del conocimiento puede esquematizarse para hacer más efectiva la solución de los problemas. La esquematización se concreta en artefactos que representan el conocimiento y que facilitan la labor de reutilizar. Esto permite que la gente reutilice el conocimiento que se ha sintetizado en el software.

En vez de empezar siempre desde cero (que es el caso de la industria de software actual) siempre se puede empezar un proyecto desde un fundamento establecido. Esto es equivalente a la manera en la que la ciencia se desarrolla: no se parte de cero, se parte de los descubrimientos previos y se innova sobre el conocimiento que ya se tiene.

Ciclo de Reutilización del Conocimiento

Como se mencionó en la sección anterior, la reutilización del conocimiento puede esquematizarse para hacer más efectiva la solución de los problemas. Esta esquematización puede lograrse a través de un ciclo de reutilización. En la figura 1 podemos observar el esquema del ciclo de reutilización del conocimiento.



Figura 1: Ciclo de Reutilización del Conocimiento

Definir necesidades de conocimiento

Esta fase es la única que NO se efectúa al amparo de un proyecto de software concreto sino que se desarrolla independientemente de ellos, y se centra en enmarcar el resto del proceso de reutilización. Es decir, hay que definir el dominio a cubrir, si se va a efectuar todo el proceso en un mismo dominio o, por el contrario, si es conveniente crear más de un dominio; cuáles son las fronteras de estos dominios. También es importante determinar cuáles son los tipos de

activos que formarán parte de estos dominios, teniendo en cuenta que a posteriori se pueden incluir más activos en el sistema. La palabra clave es precisamente dominio. Todas las actividades de conocimiento se estructuran alrededor de un dominio, que no es más que un repositorio donde:

- Se almacena el conocimiento que se posee sobre el dominio en una estructura ontológica
- Se almacenan los activos de conocimiento

Buscar conocimiento reutilizable

Durante la fase de Búsqueda de activos reutilizables, ya realizable dentro del desarrollo de un proyecto de software, se partirá de una necesidad clara de conocimiento, así como de la estructura de repositorio y herramientas que soportan la reutilización implantadas en la fase anterior, y se hará una actividad de prospección que dé lugar a localizar activos candidatos a ser reutilizados en el nuevo proyecto de software a desarrollar. Debido a que la visión de reutilización propuesta pretende desarrollar software mediante el clásico proceso de desarrollo de Software centrado en el proyecto y sus diferentes fases. IRM (Ver Sección 4: La Propuesta Metodológica) considera activos reutilizables todos los elementos que se necesitan para dicho desarrollo (requisitos, riesgos, pruebas, diagramas de UML (Unified Modeling Language), Atributos, métodos, estimaciones, etc.) y por lo tanto, un nuevo proyecto de software desarrollado mediante la metodología propuesta deberá buscar requisitos, riesgos, diagramas UML, etc reutilizables desde proyectos anteriores.

Una vez aquí, cuando se desee construir la solución a un nuevo problema, se podrá, en cualquier momento acceder al repositorio para localizar, bien conocimiento ontológico, o bien activos similares creados en el pasado.

Aplicar conocimiento reutilizable

La fase de aplicación del conocimiento reutilizable al nuevo proyecto es eminentemente específica de nuestra visión de reutilización. Incorporar activos de proyectos anteriores, o propios del dominio dentro de un nuevo proyecto NO es una tarea inmediata, aunque sí puede ser automatizada. Las herramientas de reutilización han de ser capaces de incorporar este conocimiento al nuevo desarrollo e integrarlo con el resto de activos del mismo.

Identificar el conocimiento a reutilizar

Teniendo en cuenta todo lo anterior, la fase de Identificar el conocimiento a reutilizar es tremendamente importante para soportar IRM. A esta fase se llega generalmente cuando el proyecto ha concluido, aunque para proyectos largos pueden existir otras aproximaciones incrementales, y supone la etapa en la que todos los activos utilizados en el desarrollo del proyecto, y que son candidatos a ser reutilizados en nuevos proyectos (requisitos, diagramas UML, modelos de datos, documentación, etc.) son procesados e incorporados al repositorio. Para esta fase IRM propone:

- Sub-Fase de Debriefing (post-mortem o Interrogatorio): durante esta fase se debe aportar cierta información a los artefactos que se utilizará en futuros proyectos y no en el presente proyecto (que ya se considera inicialmente cerrado). Ejemplos de esta información pueden ser los datos de cierre de ciertas métricas estimadas al inicio del proyecto; o bien la determinación del grado de bondad de las estrategias y actividades desplegadas para la mitigación de nuestros riesgos
- Sub-Fase de indización: durante esta fase se tratan los activos importantes del proyecto para introducirlos al repositorio (dominio). Debido a que las herramientas utilizadas son capaces de localizar conocimiento dentro de bastas cantidades de información, no es necesario decidir qué activos son tratados y cuáles no, y la totalidad de cada proyecto puede formar parte del repositorio

Hay que volver a destacar que, a diferencia de otras aproximaciones a la reutilización de software, donde resulta necesario realizar un complejo y caro proceso de Ingeniería de Dominios, con IRM no es imprescindible comenzar el proceso de reutilización con todos los activos identificados y bien conocidos por todos los miembros de la organización, sino que estos activos pueden ser incorporados progresivamente, y las herramientas lo localizarán en todo momento.

Además de la aproximación basada en la reutilización de activos creados ad-hoc en proyectos anteriores, IRM propone, como cierre de esta fase, la aplicación de técnicas de clasificación, clustering y reconocimiento de patrones, para intentar realizar de forma automática el proceso de ingeniería de Dominios puro (Commonality/Variability) pero también de forma incremental. Esto significa que se deben intentar localizar activos comunes, que reiteradamente se repiten en gran parte de los proyectos informáticos de la organización, para realizar un proceso mas profundo de construcción de activos reutilizables (por ejemplo localizar patrones de requisitos con los que se repiten, patrones UML a partir de partes comunes de los diagramas UML, etc.). Las herramientas informáticas de The Reuse Company se encargan de realizar este proceso de forma automática.

Revisar el proceso de reutilización

Por último, llega el momento de revisar el proceso de reutilización. En este momento deben tenerse en cuenta métricas que nos ayuden a medir:

- Si el proceso de reutilización está suficientemente extendido
- Cuáles son los tipos de artefactos que más suelen reutilizarse
- Si la reutilización acorta tiempos de desarrollo e incrementa calidad
- Esto nos llevará a determinar cómo puede mejorarse el proceso de reutilización.

4. LA PROPUESTA METODOLOGICA

La propuesta metodológica para la reutilización del conocimiento en procesos de desarrollo de software, está basada en la Metodología Incremental de Reutilización o IRM [8].

IRM

IRM se basa en la recuperación y la reutilización de los artefactos que acompañan a todas las actividades en el proceso del desarrollo del software. Estos artefactos se almacenan en un repositorio que se mantiene con la indexación de direcciones de los productos obtenidos gracias al trabajo de diversos proyectos en una organización. La Figura 2 muestra las etapas de IRM.

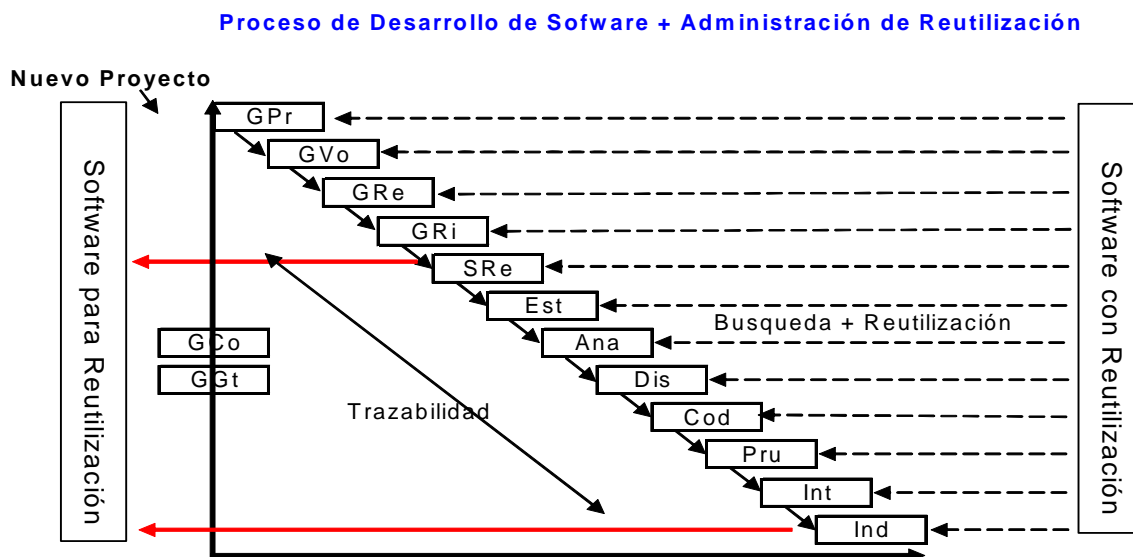


Figura 2: IRM basado en el Ciclo de Vida del Software

Acrónimo	Nombre de Actividad
GPr	Gestión del proyecto. Esta tarea se mantiene durante todo el proyecto
GVo	Gestión de vocabulario (Gestión y modelado del dominio)
GRe	Gestión de Requisitos
GRi	Gestión de Riesgos
SRe	Software para Reutilización (etapa opcional)
Est	Estimación
Ana	Análisis
Dis	Diseño
Cod	Codificación
Pru	Pruebas
Int	Interrogatorio

Ind	Indexación
GCo	Gestión de la Configuración
GGt	Gestión de los Grupos de Trabajo

Como puede apreciarse, la gran mayoría de estos flujos de trabajo dentro del proceso de producción de software son, básicamente, los que todos los equipos de desarrollo utilizan. En algunos casos hablaremos de una única pasada por estos flujos de trabajo, mientras que en la mayoría de los casos hablaremos de procesos de desarrollo iterativos (p.e. Unified Process), pero todos estos flujos de trabajo son de uso común tanto en un caso como en el otro. Por lo tanto, el objeto de IRM no es el de servir de un marco de trabajo totalmente innovador (con los costes que de ello se podrían derivar), sino muy al contrario, montar ciertas fases inexistentes en un ciclo de vida tradicional (SRe, Ind) y dar más énfasis a otras muy poco cubiertas en los procesos y metodologías tradicionales (GVo, Int) para conseguir abordar con éxito el objetivo de la reutilización de conocimiento en general, y de software en particular.

El Entorno Tecnológico

Todo proceso productivo implica una mezcla justa de procesos, herramienta y conocimiento humano, es decir, las clásicas tres Ps (Personas, Procesos, Productos); donde todas estas partes han de estar en consonancia. Por ello, IRM exige el uso de una herramienta basado de la reutilización y que pueda proporcionar la ayuda a las características más importantes de su propuesta.

La empresa española dTinf - The Reuse Company [9] ha desarrollado CAKE (Computer Aided Knowledge Environment) Studio que es un entorno tecnológico diseñado para permitir el desarrollo de software basado en el paradigma de reutilización utilizando gestión del conocimiento. CAKE Studio mezcla Ingeniería de la Información, Ingeniería de Negocio (inteligencia), Ingeniería del Software, Ingeniería de Dominios y la Gestión del Conocimiento clásica en una misma disciplina, la Ciencia del Conocimiento. Por lo tanto, el objetivo principal de CAKE Studio se centra en ayudar a toda organización en su intención de afrontar y dominar esta Ciencia del Conocimiento.

swREUSER

CAKE Studio incluye la herramienta swReuser, que soporta el paradigma de la Orientación a Objetos. swREUSER está completamente basada en UML (Unified Modeling Language), manteniendo una de las representaciones de semántica más precisas del mercado. swREUSER permite describir proyectos de desarrollo de software rápida y completamente. Provee toda la trazabilidad desde un concepto inicial hasta el producto final, y soporta todo el ciclo de vida del proyecto, incluyendo la prueba, mantenimiento y control de cambios.

swREUSER cubre no solo las fases de Análisis y Diseño con UML, sino también otras etapas del ciclo de vida de desarrollo de software: gestión de requisitos, gestión de riesgos, estimación de costes y recursos, conexión con la etapa de planificación, modelado mediante UML, control de los proyectos mediante diferentes métricas, generación de código, control de calidad. Además, implementa un potente sistema de traza entre todos estos elementos. La figura 3 muestra el entorno de swREUSER

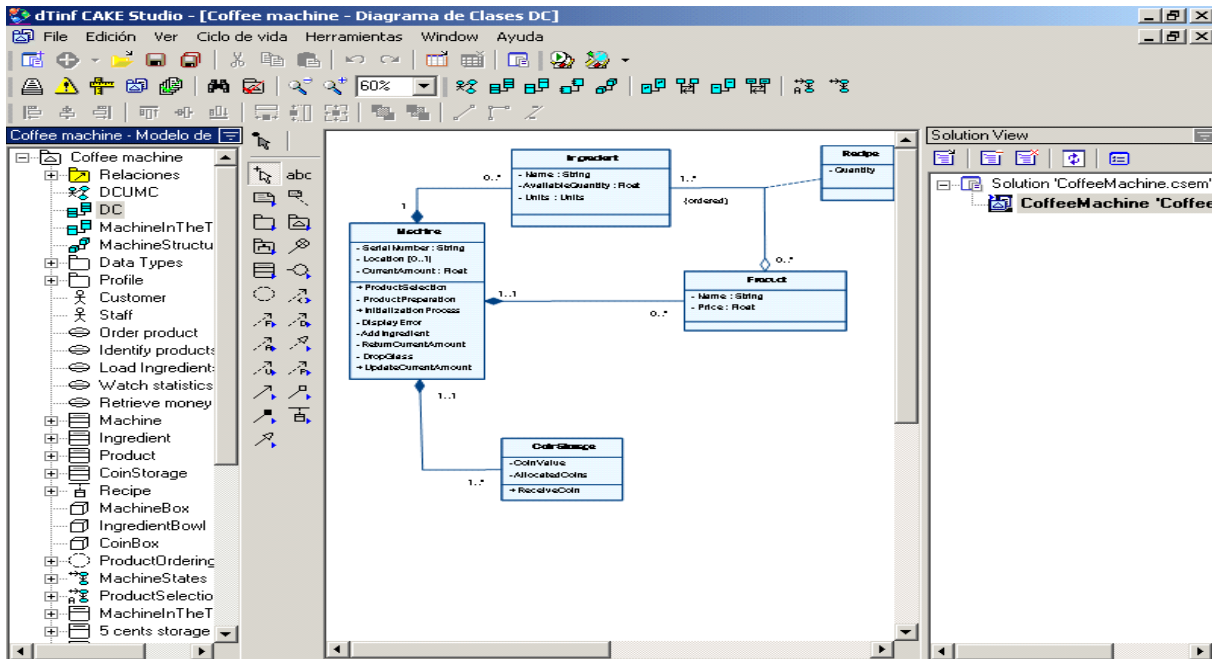


Figura 3: Entorno de swREUSER

Asimismo, la herramienta destaca la importancia de Compartir el Conocimiento: modelos UML pueden ser compartidos, debatidos, comparados de modo automático y transformados utilizando un sistema completo de foros. Permite compartir todos los artefactos de software y llevar a cabo actividades de reutilización institucional de alto nivel, incluyendo reutilización de análisis, diseños, requisitos y riesgos.

Teniendo en cuenta lo comentado, así como otras interesantísimas propiedades, swREUSER, junto con su metodología asociada IRM cubre la siguiente funcionalidad:

- Sistema avanzado de Reutilización
- Alta precisión Semántica con UML
- Trabajo Colaborativo
- Soporte a Requisitos y Riesgos
- Técnicas de Estimación de Proyectos
- Patrones de Diseño
- Comparador de Modelos UML
- Generación de Código y Esquemas
- Gestión de Casos de Prueba
- Traza completa entre todos los elementos del ciclo de vida

5. EXPERIENCIAS

Los estudios realizados han sido comprobados mediante el diseño de un conjunto de aplicaciones para el SATT [10]. Para dicho fin se ha automatizado las aplicaciones de Servicio de Información a los Contribuyentes, Gestión de las Cobranzas y los Servicios de Fiscalización. Estas aplicaciones se han desarrollado a partir de un amplio cuaderno de especificaciones contenidos en CAKE Studio.

Los prototipos y las aplicaciones finales han sido desarrollados, bajo una arquitectura Cliente/Servidor utilizando Power Builder como herramienta de desarrollo y Oracle como Sistema de Base de Datos, ejecutándose la aplicación final sobre una plataforma operativa SCO Unix. Todos los análisis y código de las aplicaciones han quedado almacenados y clasificados en el Tesoro de Software, que esta contenido en el repositorio central del sistema alojado también sobre la Base de Datos que utilizan las aplicaciones.

Puesto que ya se contaba con una descripción inicial de proyectos anteriores en cuanto a los diagramas de UML que habían sido desarrollados mediante Rational Rose, cuando se inició el proyecto con swREUSER, los diagramas elaborados se importaron al entorno CAKE Studio, se alojaron en el repositorio central, para continuar con el nuevo desarrollo y el ciclo de Reutilización.

El trabajo colaborativo siempre estuvo presente en el desarrollo de las aplicaciones, puesto que CAKE Studio permite la gestión del repositorio en el cual se almacenan todos los artefactos de software que se generan en el proceso de desarrollo y al cual accedieron los programadores de los tres proyectos anteriormente mencionados.

La parte mas importante fue la construcción del Tesoro, puesto que este permitió lanzar las consultas al repositorio para la reutilización de los artefactos de software que se generaban durante el desarrollo del proyecto. Para la construcción del tesoro se utilizó tmCAKE (Tesarus Managment CAKE), una potente herramienta de Gestión de Tesoros y Ontologías que forma parte del conjunto de herramientas de CAKE Studio.

Como fue un primer proyecto, el repositorio gestionado por CAKE Studio se encuentra a disposición para los próximos proyectos informáticos que están incluidos en el Plan de Sistemas del Servicio de Administración Tributaria.

6. DISCUSION

Basado en el Concepto de Reusabilidad, podemos construir modelos de software que incluyan artefactos reutilizables. Más importante aún es la reutilización de artefactos de software al más alto nivel tal como lo propone IRM. Podemos reutilizar requisitos funcionales, clases y especificaciones de sistema durante todo el proceso de desarrollo. Por ejemplo en el caso de las aplicaciones informáticas desarrolladas para el SATT los artefactos de software desarrollados en la etapa inicial del Sistema de Gestión de la Cobranza, permitió la reutilización de los mismos cuando se desarrollaron las aplicaciones de Servicio de Información a los Contribuyentes y el de Fiscalización.

Dada la naturaleza de todas las administraciones tributarias municipales, podemos reutilizar el repositorio de artefactos de software que se ha creado para generar nuevas aplicaciones en otras municipalidades, además de construir un software en base a Tesoros y Ontologías es una práctica de reutilización efectiva.

Puesto que la propuesta real de CAKE Studio está en el desarrollo de software basado en la gestión del conocimiento, la herramienta swREUSER se puede utilizar también como una herramienta CASE convencional como lo proponen otras herramientas que soportan el Proceso Unificado de Desarrollo

7. CONCLUSIONES

Cuando se trata de medir los índices de reutilización, además de contabilizar el número final de componentes recogidos de otras aplicaciones ya realizadas, es necesario contrastar aspectos tan intangibles como el grado de similitud intelectual de las especificaciones iniciales o el grado en que las experiencias pasadas (p.e. en la mitigación de riesgos) hacen que los nuevos proyectos se gestionen de forma más eficiente. Las cuatro primeras aplicaciones tratadas, pese a gestionar informaciones completamente distintas, corresponden en gran medida a actividades de altas, bajas, modificaciones y consultas. Esto puede permitir, aplicando los paradigmas de orientación a objetos, la creación de unas estructuras de clases con índices de reutilización tan elevados como los aquí conseguidos.

Sin embargo, los siguientes aspectos deben considerarse: En muy pocos casos se puede pensar en reutilizar unos porcentajes cercanos al 70% en los análisis estáticos y dinámicos para la creación de nuevas aplicaciones, en las que sea necesario comenzar desde el principio.

Conseguir resultados de reutilización del 90% en clases, reutilizando exclusivamente procesos puede ser considerado como una cifra muy elevada. No se trata de buscar en los repositorios aquellas clases que pueden servir a las nuevas aplicaciones, sino que se puede buscar en el Tesoro de Software aquellos procesos que se desea incorporar en la nueva aplicación.

Cuando se consiguen índices de reutilización del 90% en clases, normalmente se suele tener unos Índices de Calidad de la Reutilización inferiores a la unidad, con sus consiguientes inconvenientes. Mediante el Tesouro de Software los índices de calidad se mantienen en la unidad, aunque la reutilización de clases sea del 90%, debido a la posibilidad de incorporar y eliminar componentes proporcionada por el Tesouro de Software.

CAKE Studio es el único entorno que gestiona integralmente la reutilización efectiva de los artefactos de software que se crean durante todo el proceso de desarrollo.

REFERENCIAS

1. PRESSMAN, R. Ingeniería del Software. Un Enfoque Práctico. 5ª Edición. Mc Graw Hill (Enero 2002), pp. 16-18.
2. INFORMATION ENGINEERING. Introducción a la ingeniería de requisitos. Curso práctico de Análisis y Diseño Orientado a Objetos. (Setiembre 2005). <http://www.ie.inf.uc3m.es/grupo/docencia/reglada/psi/unidad2-PPT.pdf>
3. FUENTES, JOSÉ MIGUEL, LLORÉNS JUAN. Estado actual de la reutilización de software. Dtinf – The Reuse Company TRC. España (Enero 2006) pp 1-2
4. GARCÍA PEÑALVO FRANCISCO, JUAN-ANTONIO BARRAS, LAGUNA SERRANO MIGUEL ÁNGEL Y MARQUÉS CORRAL JOSÉ MANUEL Technical Report DPTOIA-IT-2002-004 Universidad de Salamanca - España. Líneas de Productos, Componentes, Frameworks y Mecanos. (Marzo, 2002) pp 14-47
5. BASSET, P.G. Frame-Based Software Engineering. IEEE Software, Vol. 4, nº 4, (Julio, 1987) pp 9-16.
6. BIGGERSTAFF, T.J. Desing Recovery for Maintenance and Reuse. Software Reengineering Ed.. IEEE Software Computer Society Press, Los Alamitos, CA, (Agosto, 1993) p 550-523.
7. IEEE Std 610.12-1990. IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology
8. LLORÉNS, JUAN. Definición de una Metodología y una Estructura de Repositorio orientadas a la Reutilización: el Tesouro de Software”. Ph. D. Universidad Carlos III de Madrid. Escuela Politécnica Superior. Departamento de Informática
9. DESARROLLO EN TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN. <http://www.dtinf.es>
10. SERVICIO DE ADMINISTRACIÓN TRIBUTARIA DE TRUJILLO – SATT. La Libertad – Perú. (Marzo 2006)

Sistema para el etiquetado de discursos orales aplicado al nuevo sistema acusatorio penal

Diana M.Montoya Quintero

**Universidad de Medellín, Antioquia
Medellín, Colombia**

dmmontoya@guayacan.udem.edu.co

Idanis B. Díaz Bolaño

**Universidad de Medellín, Antioquia
Medellín, Colombia**

idiiaz@guayacan.udem.edu.co

Luis C. Toro Tamayo

**Universidad de Medellín, Antioquia
Medellín, Colombia**

lctoro@udem.edu.co

Gabriel Henao Silva

**Universidad de Medellín, Antioquia
Medellín, Colombia**

ghenao@udem.edu.co

ABSTRACT

This document presents the progress that has been made with the project “oral speech tagging system” regarding the study of speech analysis, accomplished by the groups “Phrónesis”, from the Social and Human Sciences department of the University of Medellín, and “Arkadius”, from the Computer Science program of the same institution. The document is about a Multidisciplinary study that seeks to improve, through the use of speech analysis, text mining and linguistic technologies, the systematization techniques used in the hearings performed by the new Oral Punitive Accusatory System as a method to guarantee equality, effectiveness, transparency, concentration and probatory contradiction in the trials. Among other activities, a C# application has been developed, that allows to alleviate the tagging procedures used in the oral speeches, for the new Oral Conviction Accusatory System.

Keywords:

Speech analysis, Oral punitive accusatory, Linguistic technology, Discovery learning, Text mining, Data mining,

RESUMEN

Este texto presenta los avances que en materia de análisis del discurso viene realizando el proyecto Sistema para el etiquetado de discursos orales, realizado por investigadores de los grupos Phrónesis, del Departamento de Ciencias Sociales y Humanas de la Universidad de Medellín, y Arkadius, del programa de Ingeniería de Sistemas de la misma Institución. Se trata de un estudio multidisciplinar que intenta, mediante enfoques como el Análisis del Discurso, la Minería de Textos (MT) y las Tecnología Lingüística, fortalecer las técnicas de sistematización de las audiencias realizadas por el Nuevo Sistema Acusatorio Penal Oral, como método para garantizar igualdad, efectividad, transparencia, concentración y contradicción probatoria en los litigios. Entre otras actividades, se ha realizado una aplicación en C# que permite facilitar la labor del etiquetado de los discursos orales para el nuevo sistema acusatorio penal.

Palabras clave:

Análisis del discurso, Tecnología lingüística (TL), Sistema acusatorio penal oral, Descubrimiento de conocimiento (KDD) Minería de textos (MT), Minería de datos (MD),

1. Introducción

El presente trabajo, tiene como objetivo presentar las decisiones tomadas en relación con la definición de categorías útiles para el análisis de los discursos orales, específicamente las relacionadas con el etiquetado y la transcripción. Dichas orientaciones están acompañadas de premisas teóricas que las sustentan en conjunto con el desarrollo o utilización de un algoritmo de minería de texto (el cual esta en desarrollo), cuyo objetivo es organizar los procesos de sistematización y almacenamiento de los discursos orales que se encuentran registrados dentro la aplicación ya desarrollada, analizando la relevancia en las palabras que anteceden y posponen las etiquetas en un vector determinado, o mostrando la relevancia de las palabras categorizadas o etiquetas dentro un micro_contexto para los documentos.

Creemos que es menester de los investigadores, y de los centros de investigación, idear métodos alternativos y más confiables de extracción y análisis de la información, que nos permita estudiar los discursos orales y a la vez crear documentos que contribuyan con la preservación del conocimiento. De no hacerlo, estaríamos contribuyendo con la pérdida de nuestro patrimonio inmaterial y desestimando los esfuerzos hechos por teóricos y científicos que han contribuido en el diseño de métodos de análisis de los discursos, útiles para prácticas vigentes como el derecho penal, específicamente en el Nuevo sistema Acusatorio Penal Oral Colombiano.

2. Planteamiento de la situación problemática

Actualmente se pueden encontrar herramientas que nos permitan transcribir discursos orales tales como conferencias, debates académicos y/o entrevistas, pero aun se encuentran problemas al momento del análisis y la manipulación de dichas fuentes.

Desde enero del 2005 en Colombia se ha ido implementando progresivamente en todas las regiones el sistema penal acusatorio oral, el cual implica el manejo y análisis de discursos orales, y para el cual no hay sistema informático que se adapte a los requerimientos y necesidades de los investigadores locales.

La falta de una herramienta informática que se adapte a las necesidades de los investigadores tanto lingüistas, como jurídicos, representa un trabajo manual el cual puede provocar demoras en las transcripciones, subutilización de material, posible daño, pérdida de detalles importantes, análisis lentos o incompletos. Estos problemas se pueden solucionar por medio de una herramienta informática, que permita organizar y facilitar la información de manera tal, que se optimice su utilización y agilice los procesos tanto de captación como de análisis.

3. Consideraciones Generales

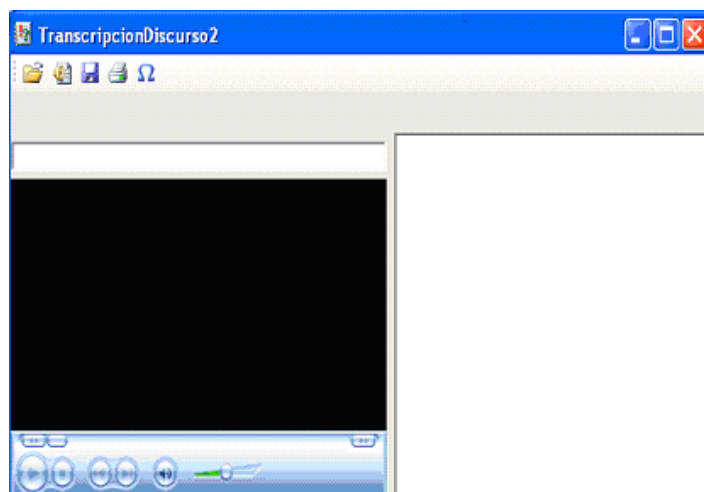
Un corpus como el que requiere nuestra investigación, está concebido como un conjunto de discursos orales transliterados y etiquetados debidamente por el autor, en función de una hipótesis de trabajo predefinida. En este sentido, el etiquetado constituye un enriquecimiento de los discursos mediante información adicional que provee el investigador, con el objetivo de optimizar las búsquedas debido a la ambigüedad que presenta el lenguaje en relación con el carácter polisémico de las palabras. El establecimiento de etiquetas constituye pues un avance significativo en la comprensión de los discursos orales y en la preservación de los materiales. No obstante, es menester definir un sistema de codificación que sirva de marco de referencia para que otros investigadores comprendan y apliquen correctamente los signos propuestos.

La aplicación realizada para el proyecto *Sistema para el etiquetado de discursos orales*, facilita en gran medida la labor de sistematización de los discursos orales en general, así como los pronunciados en las diferentes fases del proceso penal, específicamente los desarrollados en las salas de audiencia, con el ánimo de fortalecer las técnicas de procesamiento de los datos. Tengamos en cuenta que a partir de enero del 2005 se ha ido implementando en Colombia el sistema penal acusatorio oral, el cual implica el manejo y análisis de discursos orales, y para el cual no hay sistema informático que se adapte a los requerimientos y necesidades de los investigadores locales.

Así, para sacar adelante dicho sistema, hicimos énfasis en la transcripción ortográfica para pasar luego a un nivel de representación fonética mucho más profundo, tanto en el aspecto segmental como en el suprasegmental. También, planteamos la cuestión del etiquetado de los discursos que, asociado a otras operaciones como la alineación temporal, permite una utilización posterior del corpus en diversas aplicaciones.

A su vez, la aplicación agiliza los procesos y facilita la búsqueda de otros materiales probatorios, diferentes a los suministrados por los laboratorios de acústica forenses, que garantizan el estudio y la evaluación de los discursos orales, reduciendo costos de administración documental, y garantizando el debido proceso conservando un registro fiel de los aspectos más relevantes de las audiencias y, lo más importante, permite a los investigadores sociales acceder a un acervo documental para el estudio de la justicia penal colombiana como lo muestra en la Interfaz de la figura 1.

Figura 1. Interfaz de captura de video y transcripción a texto



Pasos que se deben cumplir en el etiquetado de discursos orales

Entre las categorías de análisis que se utilizan en nuestro *Sistema para el Etiquetado de los Discursos Orales*, tenemos en cuenta aspectos concernientes a los códigos lingüísticos, paralingüísticos y extralingüísticos, justificados en los métodos técnicos de entrevistas que utilizan los investigadores, entre ellos los judiciales.

Los códigos lingüísticos son en esencia la lengua o el idioma, constituido por signos o reglas propios de la gramática de cada habla. Dichos signos son utilizados en el *Sistema de Etiquetado* para registrar los elementos verbales del discurso. Es así como, además del discurso emitido por el entrevistado, en el que se registran todas las palabras expresadas por él o los sujetos que intervienen, tenemos en cuenta aspectos como el tema tratado, el lugar donde fue realizada la entrevista, la fecha y la duración, entre otras, para ellos estamos construyendo su debido formulario.

La utilidad de estas categorías radica en la funcionalidad de los descriptores, que ubican al investigador en el contexto de la acción comunicativa y permiten almacenar la información con el rigor y detalle que merece la fuente. La descripción formal de los documentos es un proceso importante en las llamadas *ciencias de la documentación*, porque permite administrar documentos y construir bases de datos electrónicas de fácil reconocimiento. Los analistas del discurso y los académicos que buscan información en fuentes primarias y secundarias reconocen el valor de la exactitud en el procesamiento de los datos y saben que un documento mal clasificado significa un obstáculo para la investigación para ello también se creó dentro de la aplicación un formulario de registro para los investigadores que permite obtener una ficha técnica de cada proyecto como lo muestra el siguiente esquema.

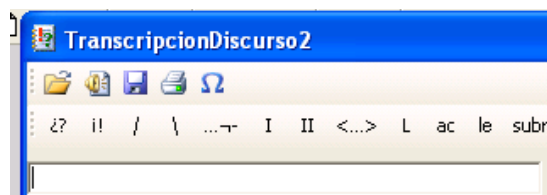
REGISTRO DE PROYECTO	
Ficha Técnica (Moreiro, 2000: 326)	
Código o signatura	<i>Referencia dada al documento al momento de sistematizarlo, según el fondo documental que se le asigne. Dicho código estará conformado por la fecha de realización de la entrevista, el tipo de temática, el número consecutivo de la entrevista y el código del investigador.</i>
Autor o entrevistador	<i>Nombre de quien tiene la autoría del documento: director – realizador.</i>

Situación comunicativa	<i>Tema: Temas o materias que representan el contenido del documento (Ver Sistema de Clasificación Decimal Dewey, 2000).</i>
	<i>Propósito: objetivo previsto al momento de entablar una comunicación</i>
Resumen	<i>Dado que el documento sonoro no es directamente accesible sino a través de su reproducción y audición, un resumen que recoja lo esencial del contenido es de gran ayuda para la recuperación y elección del documento buscado.</i>
Voz Principal	<i>Nombre de la persona que interviene en la grabación como protagonista. Para el caso de los juicios orales hablaremos de acusado.</i>
Genero	<i>Masculino o femenino.</i>
Edad	<i>≤ 25, 26-55, > 55</i>
Idioma	<i>Lengua materna o ...</i>
Nivel de estudios	<i>Analfabetos, primarios, secundarios, medios, superiores</i>
Nivel sociocultural	<i>Alto, medio, bajo</i>
Otras voces	<p><i>Nombre(s) de otra(s) persona(s) que interviene en la grabación cuya voz se escucha en el documento. En esta categoría deben ir definidas las iniciales del nombre u oficio que caracterizaran el informante, todo con el objetivo de abreviar al momento de la transcripción. Para el caso concreto de los juicios orales, tendremos en cuenta las voces de:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • INV: <i>El Investigador</i> • FISC: <i>El Fiscal</i> • DEF: <i>El Abogado Defensor</i> • MIN: <i>El Ministerio Público</i> • JGAR: <i>El Juez de Control de Garantías</i> • JCON: <i>El Juez de Conocimiento</i> • VIC: <i>La Víctima</i> • ACU: El indiciado-imputado-acusado: De acuerdo a la etapa de la investigación el responsable de la actuación toma esta denominación. • EXP: <i>Experto o perito</i> • Otras voces: <i>espacio reservado para otro tipo de actores que interviene en los discursos y no se tenían previstos.</i>
Lugar de la grabación	<i>País, departamento o estado, distrito, municipio o cantón, otros.</i>
Fecha de la grabación	<i>Datos exactos del día en que fue grabada la entrevista.</i>
Duración de la grabación	<i>Tiempo de la entrevista registrado en horas, minutos y segundos. El sistema le permitirá al investigador visualizar el tiempo de la grabación mientras transcribe y etiqueta, con el objetivo de hacer un registro fiel de los momentos de la grabación.</i>
Soporte de la grabación	<i>Tipo de soporte, tipo de grabación (mono, estéreo, velocidad de reproducción).</i>

Ahora, si bien los signos lingüísticos operan en niveles como el fónico, el léxico, el semántico y el sintáctico, su objetivo fundamental es evidenciar, o descubrir, los problemas que el lenguaje plantea como medio de relación social. Por su parte, los signos paralingüísticos incluyen recursos prosódicos estrechamente relacionados con los signos lingüísticos, pero que apuntan más a la interpretación de aspectos relacionados con la curva melódica de la entonación. Veamos la siguiente tabla que explica mediante signos cada uno de los códigos que necesitaremos para la transcripción y la Interfaz para el etiquetado de los discursos orales:

Signos de Transcripción (Tusón V., 2003:100 - 101)	
¿?	Entonación interrogativa
¡!	Entonación exclamativa
↑	Tono ascendente
↓	Tono descendente
→	Tono sostenido o continuo
...-	Corte abrupto en medio de una palabra
I	Pausa breve
II	Pausa mediana
<...>	Pausa larga, también <pausa> o <09>, indicando el número de segundos que tarda en hablar
†	Tono agudo
‡	Tono grave
Ac	Ritmo acelerado
Le	Ritmo lento
MAYÚS	Mayor énfasis: la palabra será escrita con MAYÚSCULA, con el objetivo de señalar el tono enfático
Aaa	Alargamiento vocálico
Nnn	Alargamiento consonántico
P	Piano (dicho en voz baja)
Pp	Pianissimo (dicho en voz muy baja)
F	Forte (dicho en voz más alta)
Ff	Fortissimo (dicho en voz muy alta)
Signos relativos a los turnos de palabras (Tusón V., 2003: 101)	
= =	Al principio de un turno para indicar que no ha habido pausa después del turno anterior
=.....=	Solapamiento en dos turnos

Figura 2. Interfaz para el etiquetado de los discursos orales. menú de opciones:



Finalmente tenemos los códigos auxiliares del lenguaje, que acompañan la significación de las palabras según sea la entonación y la expresividad corporal. Este último factor es comúnmente conocido como código kinésico y proxémico, e incluye aspectos como los gestos, el movimiento de las manos, la mirada, la utilización del medio ambiente, etc. Veamos la siguiente tabla en la que aparecen signos con las características antes descritas, que obviamente deben ser advertidos por el investigador.

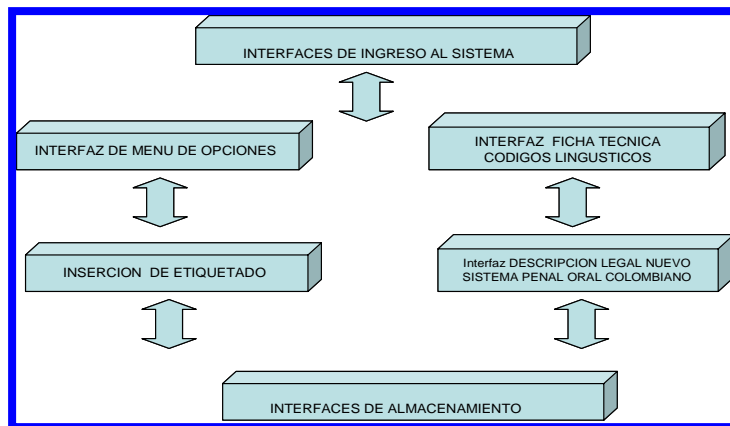
Otros Signos (Tusón V., 2003: 101)	
[no léxicos]	<i>Fenómenos no léxicos, tanto vocales como no vocales, p. e. [risas], [A mirando a B], [llanto], [duda] ...</i>
(ininteligibles)	<i>Palabras ininteligibles o dudosas que deben ser escritas entre paréntesis tal cual suenan.</i>

A esta última categoría, kinésica y proxémica, la denominamos código extralingüístico. Tiene que ver con la capacidad de sentir, nivel sensorial, y está relacionada estrechamente con el contexto comunicativo y con aspectos como la cultura y la ideología del hablante. Los códigos extralingüísticos nacen de la experiencia objetiva, subjetiva y cultural del ser humano, y tiene como propósito significar la relación entre los hombres. Todos estos códigos tienen en común su carácter eminentemente semiótico.

No obstante, dichos códigos no necesariamente tienen una intencionalidad específica, sino que la determina el contexto social, es decir, la significación que le otorgan las personas que habitan una sociedad y que, de hecho, hacen parte de ella. Es así como de este espectro de representaciones semióticas hacen parte las expresiones dialectales, los artificios de uso colectivo y personal, los rituales y todo aquello que distingue y semeja una sociedad del resto.

Las variables descritas permitirán a todos aquellos que estén implicados directamente en el juicio, y que obviamente puedan acceder a las fuentes, consultar el documento y enterarse de cómo va el proceso penal en lo jurídico, en lo fáctico y en lo probatorio. Dicha información, acompañada de cada una de las transliteraciones o documentos orales que se obtengan durante el proceso, servirá para ubicar el contexto situacional, es decir, para mantener al corriente de los hechos a cualquiera de las personas que trabajan en el caso y quieran hacer un análisis minucioso del material reunido durante la audiencia.

Figura 3. Estructura General del sistema.



El aplicativo se desarrollo con base en la información dada por los investigadores del proyecto. Así, cada uno de los módulos permite facilitar el almacenamiento de los discursos orales que en el momento no han sido sistematizados ni almacenados en un medio específico, facilitando la captura de los textos para la clasificación y la categorización dada con la técnica de minería de texto.

Pasos siguientes

Después de tener almacenados los discursos orales, se procede a la categorización del etiquetado a través de la minería de texto, con la cual pretendemos el análisis de léxico y etiquetas de los textos (documentos en formato txt transcritos de discursos orales) en conjunto con la construcción automática de estructuras de clasificación y categorización que se espera que su codificación sea de una manera relevante para los discursos orales que se tengan.

Teniendo en cuenta el valor que procede de la minería de texto como lo define la literatura, queremos a través de la aplicación de la técnica seleccionada, hallar el proceso que permita el descubrimiento de conocimiento que no existe explícitamente en ningún texto de los discursos penales acusatorios, que son la colección específica a tratar; cuyo descubrimiento surgirá de relacionar el contenido de varios archivos de textos transcritos en la aplicación ya creada.

En el proceso de la minería de texto se llevará a cabo la reunión de los documentos que hacen parte de la colección de análisis y luego procedemos a las dos etapas principales de su desarrollo: Una etapa de *preprocesamiento* y una etapa de *descubrimiento de conocimiento en texto (KDT)*[22], en la primera etapa, los textos se transformarán en un tipo de representación estructurada o semi-estructurada que facilite su posterior análisis, mientras que en la segunda etapa las representaciones intermedias se analizarán con el objetivo de descubrir en ellas algunos patrones interesantes o nuevos conocimientos presentados en los documentos. Dependiendo del tipo de métodos que seleccionemos en la etapa de pre-

procesamiento se representará el contenido de los textos construidos; y dependiendo de la representación se espera obtener el tipo de patrones descubiertos. Teniendo en cuenta de acuerdo a nuestra necesidad los objetivos de operación categórica de la minería de texto, entre los cuales están: Extracción de características, navegación de la base de texto, búsquedas y relevancias en el texto, categorización (clasificación supervisada), agrupamiento (clasificación no supervisada), summarisation (operación que reduce la cantidad de texto en un documento), análisis de tendencias, asociación, y visualización.

En síntesis, nuestro propósito es diseñar un nuevo procedimiento metodológico que renueve el estudio de las fuentes orales en Colombia y que pueda ser puesto en consideración de la comunidad académica y de los profesionales de diversas áreas del conocimiento, mediante la aplicación de técnicas de minería de texto.

En el momento, estamos en el estudio de las técnicas existentes para hacer una comparación crítica y proceder al desarrollo del algoritmo. Hemos considerado en nuestro estudio la técnica de la clasificación, la cual está encargada del proceso de dividir un conjunto de datos en grupos mutuamente excluyentes, de tal forma que cada miembro de un grupo esté lo más cerca posible de otros, y que grupos diferentes estén lo más lejos posible de otros, donde la distancia se mide con respecto a las variables especificadas que se quieren predecir, este sería un buen ejercicio para el análisis de las etiquetas y las palabras que se encuentren en cada uno de los discursos archivados.

También, se ha estimado la posibilidad de que los conceptos de los archivos se representen como vectores en un alto flujo de cómputo de información, donde los vectores sean propuestos como los medios de descubrir asociaciones implícitas entre los conceptos, para ello existen una variedad de algoritmos aplicables, los cuales están disponibles en la literatura, entre ellos está el clásico de K-means utilizado generalmente en las técnicas de agrupamiento (clustering) donde hay un gran número de aplicaciones que incluyen minería de texto y recuperación relevante de información, haciéndose interesante para nuestro caso los pasos de agrupamiento de vectores normalizados que se utilizan con esta técnica.

4. Conclusiones

Si bien todavía es necesario que los discursos orales sean transcritos manualmente, es decir, que pasen por el filtro de la textualidad para un mejor reconocimiento, traducción, resumen y clasificación de los mismos, debemos reconocer que el etiquetado constituye un avance significativo en el estudio de la interacción comunicativa, que amplía nuestra perspectiva sobre el tema tratado, al punto de atrevernos a plantear que la marcación de los discursos es la primera fase del análisis.

En este sentido, un sistema como el que tratamos de definir permitirá, a los investigadores del área socio humanística, los lingüistas y, por supuesto, a quienes trabajen con la defensa pública colombiana, precisar aspectos relativos al lenguaje que servirán para consolidar un proceso como el que ahora se construye en nuestro país, encaminado al análisis del discurso y la defensa de los derechos fundamentales de todos los ciudadanos. Dicho avance tecnológico permite además conservar todo tipo de manifestaciones orales en soporte magnético o digital, lo que conlleva necesariamente a una redefinición en la forma de contar el pasado y procesar la información.

Con todo, si bien el etiquetado contribuye un enriquecimiento de los documentos orales, es necesario entender que por más esfuerzos teóricos y metodológicos que se emprendan en la selección y definición de categorías, cada usuario marcará los discursos de acuerdo al nivel de conocimientos y de observación que posea, lo que constituye un reto en el proceso de clasificación del lenguaje.

Referencias

1. Briggs, A. y Burke P. “La revolución de la imprenta en su contexto”, en: De Gutenberg a Internet: Una Historia Social de los Medios de Comunicación. Madrid, Taurus. 2002

2. Briz, A y Grupo Val.Es.Co . ¿Cómo se comenta un texto coloquial? Barcelona, Ariel Practicum.
3. Baffes, P., Monney, R., Refinement- Based student modeling Automated bug library construction. Journal of Artificial Intelligence in Education, Pag. 75-116, 1996.
4. Calsamiglia H. y Tuson A. Las Cosas del Decir. Manual de Análisis del Discurso. Barcelona, Ariel.
5. Du Bois, J. Transcription design Principles for Spoken Discourse Research. Pragmatics, No. 1, pp. 71-106.2001
6. Diaz I. Montoya D., Agrupamiento Jerárquico Aglomerativo para Caracterizar una Población Estudiantil en Edad Extraescolar, Capítulo 23, Avances de la Investigación en la Ingeniería, primera edición, Enero de 2006, Universidad de Medellín, Medellín, Pag. 323.
7. Diaz I, Montoya D., Una Medida de Similitud Basada en las Modas Para la Caracterización de una Población Estudiantil en Edad Extraescolar. Revista de Ingenierías de la Universidad de Medellín, Vol 4, No. 7, Julio/Diciembre de 2005, Pag 101.
8. Fairclough, Norman. "El análisis crítico del discurso como método para la investigación en ciencias sociales", en: Método de Análisis Crítico del Discurso, WODAK, Ruth y Michael MEYER (Compiladores). España, Editorial Gedisa.2003
9. Guerra A., Aprendizaje Automático: Árboles de Decisión, Universidad Veracruzana, Facultad de Física e Inteligencia Artificial, Maestría en Inteligencia Artificial, Notas de Clases, Marzo 15 de 2004.
10. Guha S., Rastogi R., ROCK: A robust clustering algorithm for categorical attributes. Inf. Syst., Vol. 25, No. 5.pp. 345366, 2000.
11. Kaufman, L., and Rousseeuw, P.J., Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1990.
12. Kono, Y., Ikeda, Mizoguchi, THEMIS: a nonmonotonic inductive student modeling system, Journal of artificial Intelligence in Education, vol. 5(3), pp. 371-413, 1994.
13. Llisterri, J. Transcripción, etiquetado y codificación de corpus orales. España, Revista Española de Lingüística Aplicada, Volumen Monográfico "Panorama de la Investigación en Lingüística Informática", pp. 53-82.1999
14. Licchelli, O., Basile, T.M.A., Di Mauro, N., Esposito, F., Semeraro, G. & Ferilli, S. Machine Learning Approaches for Inducing Student Models. Proceedings of the 17th International Conference on Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems IEA/AIE 2004, 925-944, Ottawa, Canada, May 17-20, 2004.
15. Moreno, J. Manual de Documentación Informativa. Madrid, Ediciones Cátedra. P – 326.2000
16. Niño, V. Competencias en la comunicación. Eco Ediciones, Bogotá.2003

17. Pressman, Roger S. *Ingeniería del software, un enfoque practico*. - 5. ed. España, McGraw Hill, 2002
18. Siler, B. y Spotts, J. *Visual basic NET : edición especial*. España : Pearson Educación.2002
19. Schenkein, J. *Studies in the organization of conversational interaction*. New York, Academic Press.1978
20. Tuson , A. *Análisis de la Conversación*. Barcelona, Ariel Practicum.2003
21. Tan, A. H. "Text Mining: the State of the Art and the Challenges", in *PAKDD'99 Workshop on Knowledge Discovery from Advanced Databases*, Beijing, China.1999

Integración de las actividades de Staff a WS-BPEL. Estado del Arte.

Andrea Durán

Universidad Católica del Uruguay, Facultad de
Ingeniería y Tecnologías
Montevideo, Uruguay, 11600
anduran@ucu.edu.uy

Juan J. Moreno.

Universidad Pontificia de Salamanca, Campus de
Madrid, Facultad de Informática,
Madrid, España, 28220
Universidad Católica del Uruguay, Facultad de
Ingeniería y Tecnologías.
Montevideo, Uruguay, 11600.
jmoreno@ucu.edu.uy

Rafael Novales

Universidad Católica del Uruguay, Facultad de
Ingeniería y Tecnologías.
Montevideo, Uruguay, 11600.
rnovalles@ucu.edu.uy

Luis Joyanes Aguilar.

Universidad Pontificia de Salamanca, Campus de
Madrid, Facultad de Informática,
Madrid, España, 28220
ljoyanes@fpablovi.org

ABSTRACT

Nowadays companies are trying to automate their process in order to be able to take advantage of the opportunities that appear or simply not to see them self diminished as opposed to the competition. In this search, they find many business processes that require human intervention to be able to continue.

This type of processes represents an important part of business processes managed by BPM tools (Business Process Management). Nevertheless, standard BPEL (Business Process Execution Language) at the moment does not support this characteristic, which constitutes an important impediment for the evolution of these applications and a greater distribution to all the organizations. This paper describes the state of art necessary to incorporate this functionality in different solutions that were already implemented over BPEL but without Staff.

Keywords: BPEL, Staff Activities.

RESUMEN

Hoy en día las empresas buscan automatizar cada vez más sus procesos de forma de poder aprovechar las oportunidades que se presentan y obtener así ventajas competitivas o simplemente no verse disminuidas frente a la competencia. En esta búsqueda de la automatización nos encontramos con procesos que requieren de la intervención humana para poder continuar.

Este tipo de procesos representan una parte importante de los procesos de negocios gerenciados por herramientas de BPM (Business Process Management). Sin embargo, el estándar BPEL (Business Process Execution Language) actualmente no soporta esta característica, lo cual constituye un impedimento importante para la evolución de estas aplicaciones y una mayor distribución a todas las organizaciones. Este artículo describe el estado del arte necesario para incorporar esta funcionalidad a diferentes soluciones que fueron implementadas en base al estándar BPEL pero sin esta funcionalidad.

Palabras claves: Actividades de Staff, BPEL.

INTRODUCCIÓN

La automatización de las actividades que se realizan a diario es cada vez más común en un mundo que pretende delegar a las máquinas la realización de actividades que se vuelven rutinarias para las personas. Sin embargo, hay ciertas actividades que requieren de la intervención humana por lo cual sería deseable que los procesos puedan ser interrumpidos en un momento dado para que las personas puedan tomar decisiones y luego continuar, en base a estas decisiones, el transcurso del proceso.

Este trabajo es realizado en el grupo de trabajo en Automatización de Procesos de Negocios de la Universidad Católica del Uruguay. En particular se ubica en el área de gestión de procesos informáticos en BPEL focalizándose en la interacción o participación humana en los procesos de negocio. Las soluciones desarrolladas de KM (Knowledge Management, Gestión del Conocimiento) por el grupo no consideran la integración de las actividades Staff así como tampoco lo hace el estándar BPEL (Business Process Execution Language) lo cual constituye un impedimento importante para la evolución de estas aplicaciones y una mayor distribución a todas las organizaciones.

Este estudio es un componente fundamental de un trabajo más amplio que se está realizando y que se espera concluir en el corriente año.

Se presenta a continuación los objetivos del trabajo, junto con el alcance y un marco teórico sobre BPM, BPEL, WebServices, actividades de Staff y WebSphere. Por último se plantea como se continuará con la elaboración de este trabajo y la tecnología que se piensa utilizar.

1. OBJETIVO

Una vez finalizadas las distintas etapas de este trabajo, se buscará alcanzar los siguientes dos objetivos.

- Determinar si es factible la incorporación transparente de las actividades de Staff en las soluciones desarrolladas sobre el estándar BPEL, así como también establecer el impacto de esta incorporación.
- Determinar qué interfaces es necesario definir para que esta nueva funcionalidad pueda ser incorporada en estas implementaciones.

Particularmente, el objetivo de esta paper es el estudio de las distintas áreas que hacen al dominio y alcance del problema, de forma de contar con un marco teórico que sirva como apoyo en las sucesivas etapas.

Para poder terminar este trabajo en tiempo y forma, en las sucesivas etapas se trabajará sobre el estándar BPEL, evaluando y modificando las aplicaciones y soluciones de KM únicamente desde el punto de vista de las actividades de Staff. Para esto se utilizarán las herramientas de BPM y BPEL disponibles en la facultad, no haciendo un estudio exhaustivo de las distintas herramientas disponibles en el mercado. A su vez, se trabajará con las soluciones de KM (Knowledge Management, Gestión del Conocimiento) realizadas por el grupo de trabajo

No se analizarán en este trabajo los métodos utilizados para recuperar la información de las personas que están aptas para realizar cierta actividad dentro de la organización. Se asumirá que existe un método para recuperar esta información ya sea mediante consultas a una base de datos o cualquier otro método alternativo. Tampoco se analizarán los tipos de repositorios de información que pueden ser utilizados.

Queda por fuera del alcance de este trabajo el análisis de las funciones de similitud y los mapas de conocimiento, que serán tomados de trabajos previos del grupo de automatización de procesos de la Universidad Católica del Uruguay.

2. ESTADO DEL ARTE

Para entender el concepto de BPEL4People y en particular de actividades de Staff se debe tener un conocimiento previo de Web Services y BPEL. A continuación se presentan muy brevemente cada uno de estos conceptos. Para ampliar el tema de Web Services se puede recurrir a [<http://pub.ufasta.edu.ar/tbi/WS/WebServices.asp>], [1], [5], [10]. Se puede profundizar sobre BPEL en [3], [8], [9].

Web Services

El objetivo que se persigue, tras el surgimiento de Web Services, es alcanzar la interoperabilidad entre aplicaciones mediante la utilización de estándares Web. Los Web Services utilizan modelos para permitir la integración de sistemas heterogéneos, su definición está basada en Simple Object Access Protocol (SOAP), Web Services Description Language (WSDL) y Universal Description, Discovery, and Integration (UDDI). [1]

SOAP define un protocolo de mensajería XML para proporcionar los servicios básicos de interoperabilidad. WSDL introduce una gramática común para describir los servicios. UDDI provee la infraestructura requerida para publicar y descubrir servicios de una manera sistemática. Todas estas especificaciones reunidas permiten a las aplicaciones “encontrarse” e interactuar utilizando un modelo independiente de la plataforma y de la implementación. [1]

BPEL4WS

BPEL4WS es un lenguaje basado en XML que define cómo los procesos de negocio interactúan dentro o entre las organizaciones. La especificación inicial de BPEL 1.0 fue propuesta conjuntamente por IBM, Microsoft y BEA en Agosto del 2002, para luego ser actualizada a la versión 1.1 en Mayo del 2003. [9]

Hoy en día el trabajo sobre Web Services Business Execution Language versión 2.0. (WS-BPEL 2.0. o simplemente BPEL, actualmente en borrador) se focaliza en dos aspectos. Por un lado se tiene el modelo para la ejecución de procesos de negocios, el cual es usado para especificar procesos automáticos de negocio que orquestan actividades de múltiples Web Services, los cuales pueden ser interpretados y ejecutados por motores complementarios.

El otro aspecto es el comportamiento que puede ser observado a partir de los Web Services. Los lenguajes abarcan características necesarias para describir complejos flujos de negocio como ser el manejo de errores. Estos son usados en múltiples modelos de procesos y son necesarios para construir procesos complejos que pueden ser ejecutados por software subyacente. Sin embargo, los procesos de negocio van más allá de la orquestación de las actividades de los Web Services. Aparte de esto, la definición de procesos incorpora típicamente personas como posibles participantes adicionales, ya que estas pueden formar parte del proceso de negocio e influenciar la ejecución de los procesos. Se debe modelar apropiadamente cómo las personas interactúan con los procesos de negocio. [8]

La especificación de BPEL se focaliza en los aspectos de negocio, las actividades en las que se asume que habrá interacción con Web Services sin requisitos adicionales de comportamiento. Pero los tipos de actividades que tienen lugar en los procesos de negocio son mucho más amplias. Las personas participan continuamente en la ejecución de los procesos de negocio introduciendo nuevos aspectos. Para soportar este tipo de escenarios, que incluyen personas involucradas en los procesos de negocio, es necesaria una extensión de BPEL, surge así BPEL4People. [8]

BPEL4People

BPEL4People se define como una extensión a lo que es el lenguaje BPEL. Permite ampliar el estándar incorporando nuevas características en caso de ser necesario, para incorporar la participación humana.

A continuación se describirán distintos escenarios en los cuales las personas se ven involucradas en los procesos de negocio. Luego se presentará un ejemplo de modo de focalizar los conceptos principales, y por último se describirán las características que necesariamente deben ser soportadas por BPEL4People. [8]

Escenarios

A continuación se presentarán diferentes escenarios de forma de distinguir las diferentes formas bajo las cuales una persona puede verse involucrada en un proceso de negocio.

Actividades de los Participantes

Las personas pueden estar implicadas en los procesos de negocio como una forma especial de implementación de una actividad.

Desde la perspectiva del usuario, las actividades de los participantes, son tareas que son asignadas a un usuario y que requieren que éste realice cierta acción. Los usuarios se enteran de que son asignados mediante un mecanismo de distribución que lo que hace es agregar un ítem de trabajo en su lista de tareas.

Las tareas que representan *actividades de los participantes* aparecen en la lista de tareas junto con lo que son, por ejemplo, To-Do en Lotus Notes, Tasks en Microsoft Exchange o Collaboration Tasks en SAP.

Es importante notar que la asignación de una tarea implica la suspensión del proceso hasta que ésta es finalizada, a diferencia de las notificaciones que son simplemente la transmisión de información a las personas interesadas.

Personas que inician procesos

Así como se involucran personas en la implementación de las actividades de BPEL, hay escenarios en los cuales es deseable definir qué personas pueden ser elegidas para iniciar un cierto proceso de negocio.

En la práctica, las características propias de las personas, así como su cargo dentro de la organización, toman un papel preponderante a la hora de realizar la asignación de tareas. Para soportar este tipo de escenarios es útil asociar a las personas con los constructores de BPEL que se utilizan para iniciar los procesos de negocio.

Personas que manejan “largos” procesos de negocio

Durante el ciclo de vida de ciertos procesos de negocio (principalmente aquellos que consumen más tiempo, de ahí el título) es muy probable que se den ciertas condiciones que requieran de las personas. Un ejemplo de esto puede ser un proceso que se encuentra detenido porque no se ha asignado una persona para realizar cierta tarea. Otro ejemplo sería si un proceso espera una entrada que se obtiene de una persona o de un Web Service y que consume necesariamente ciertas horas el recolectarla.

Esto podría implicar deshacer ciertas partes del proceso de negocio en caso de ser necesario. Si se piensa que el proceso de negocio ha corrido ya por varios días estaríamos perdiendo tiempo y recursos que ya fueron invertidos, lo cual no es despreciable. En estos casos sería deseable contar con un administrador del negocio que pueda decidir qué acciones correctivas son necesarias.

Los administradores de negocios son personas que utilizan su conocimiento del negocio para asegurar la obtención de los mejores resultados posibles. Para soportar este tipo de escenario es necesario definir en los procesos BPEL qué personas pueden actuar como administradores de negocio en un proceso dado.

Desde el punto de vista de un administrador de negocio, se define y se crea una tarea. Esta tarea le permite al administrador del negocio interactuar con ciertas instancias del proceso, recuperando el estado de proceso, y realizar varias operaciones en él, tales como ingresar datos que falten, establecer prioridades, suspender o retrasar la ejecución del proceso de forma de poder sincronizarlo con otros procesos o incluso cancelar su ejecución.

Patrones avanzados de interacción

Además de las tareas simples de selección y ejecución de tareas, hay patrones más complejos en la forma en que las personas interactúan con los procesos de negocio, los cuales deben ser tenidos en cuenta. A continuación se describen cuatro patrones típicos de interacción.

1. Principio de los 4 ojos

Este principio, conocido comúnmente como la “separación de deberes”, es muy común en el ambiente médico o de actividades bancarias cuando una decisión (tal como conceder un préstamo) es tomada por dos o más personas que son independientes una de la otra.

Esto se hace a menudo por razones de seguridad, llegando incluso a casos extremos en los cuales los usuarios no tienen permitido saber que otra persona está involucrada. Por lo tanto, poder excluir a usuarios de realizar una actividad necesita ser soportado por BPEL4People.

2. Reasignación

Las tareas representan el trabajo que se realizará por los seres humanos. Las tareas se pueden modelar para expresar la expectativa de que la tarea sea comenzada o finalizada dentro de un cierto marco de tiempo.

Si una tarea no está progresando según lo esperado, por ejemplo, si una persona que trabaja en una tarea se enferma o se ve sobrepasada por el volumen de trabajo, se requiere un mecanismo de reasignación.

La reasignación tiene lugar si una tarea no se ajusta a los tiempos, en este caso se envía una notificación a una o varias personas previamente identificadas. Las notificaciones pueden ser enviadas por e-mail, SMS, mensajes instantáneos o lo que se quiera. Los destinatarios pueden entonces decidir que es lo que deben hacer para revertir la situación.

Este mecanismo se puede utilizar también para las sub-tareas que conforman la tarea principal, sin embargo una vez que termine esta última se debe detener la reasignación de las sub-tareas para evitar esfuerzo redundante. Es importante poder sincronizar la tarea principal, sus plazos y el procedimiento de reasignación.

3. Nombramientos

En algunos casos no está claro quien debe realizar una cierta tarea. Esto ocurre por ejemplo cuando el cronograma o la sobrecarga de trabajo llevan a que un supervisor asigne manualmente tareas a sus colegas. En escenarios más complejos, esta delegación de la tarea puede incluso ser una decisión de colaboración entre pares.

4. Ejecución encadenada

La ejecución encadenada es un fragmento del proceso donde una secuencia de pasos es ejecutada por una misma

persona. En algunas ocasiones esto se sabe por adelantado, pero en otras, esto puede ser solamente determinado durante la ejecución. Sería torpe forzar al usuario a volver a la lista de la tarea y refrescarla después de ejecutar cada tarea, sería deseable una actualización automática.

Actividades de Staff

Una actividad de Staff es una extensión de una actividad de participantes que proporciona los medios para incorporar la interacción humana en los procesos BPEL. Mas allá de cuánto se automatice el mundo siempre se va a necesitar en mayor o menor medida de la intervención humana. [8]

Las actividades de Staff son asignadas a las personas de la organización a través de ítems de trabajo. Las actividades de Staff pueden ser casi cualquier tarea del negocio: llenar un formulario, aprobar un documento o un dibujo, la escritura de una carta, etcétera.

El proceso es el diseño de cómo se realiza una serie de tareas. Cuando se comienza un proceso (por parte de alguien de la organización o incluso anónimamente por alguien que llena el formulario desde un sitio Web), los ítems de trabajo son creados para los dueños potenciales, es decir, todas las personas que pueden trabajar en una actividad particular.

Cuando una persona demanda una actividad, se hace dueño de esa actividad. Solamente el dueño y el administrador del proceso del negocio pueden trabajar en esa actividad en esa instancia particular del proceso. Si el trabajo es complejo se pueden guardar etapas intermedias del mismo. Cuando se finaliza el trabajo, la actividad es completada. La información resultante es guardada y queda disponible para las actividades subsecuentes en el proceso. La navegación del proceso continúa hasta que todas las actividades son completadas. [7]

La gran mayoría de los sistemas de Workflow existentes están basados en el paradigma “de escritorio”. Se utiliza la metáfora del lugar de trabajo para representar tareas que deben ser demandadas y realizadas por participantes humanos. Estas tareas son diferentes a aquellas que son realizadas por agentes de software y que son conocidas como actividades de Staff. [2]

Esto tiene una serie de desventajas:

- i. Los usuarios no tienen acceso a los procesos de negocio si no están en su lugar de trabajo.
- ii. El usuario se ve con la obligación de revisar periódicamente si tiene actividades de staff pendientes.

WFMS permite la comunicación indirecta y asincrónica persona-persona únicamente, pero no el intercambio directo y sincrónico entre participantes humanos. Esta última forma de interacción es de hecho muy común en los ambientes de negocio.

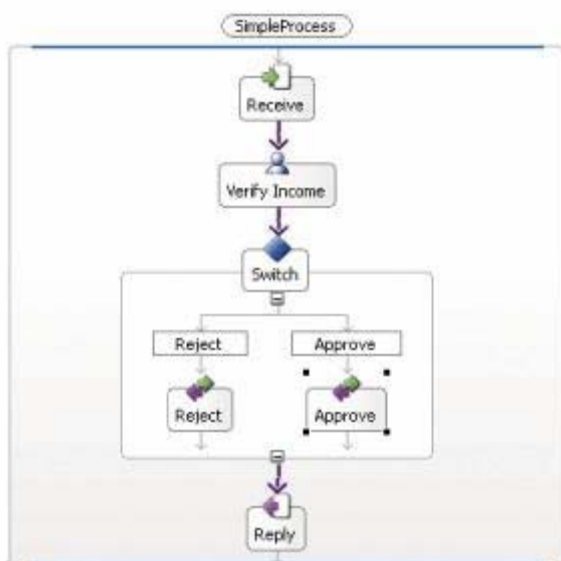
Procesos interrumpibles y no interrumpibles

Según [7] un proceso se puede definir como interrumpible si puede ser parado por una actividad externa. Por el contrario, un proceso es no-interrumpible, si corre desde la actividad de entrada a la actividad de salida sin parar. Cuando un proceso se fija para ser interrumpible, el motor parará el proceso en puntos predeterminados en la ejecución. El recomienzo dependerá de la clase de actividad que es ejecutada.

Por ejemplo, si se trata de un evento, el proceso parará hasta que una de las operaciones del evento sea invocada. Si es una actividad de Staff, el proceso parará hasta que ésta sea completada.

Cuando se agrega una actividad de Staff a un proceso, este debe ser inmediatamente marcado como interrumpible.

Ejemplo de actividades de Staff



A modo de ejemplo, se puede pensar en un proceso de negocio que es construido para automatizar la aprobación de préstamos en un banco. La solicitud del préstamo puede llegar acompañada de documentación, como ser información financiera de la persona que lo solicita, la cual necesita ser verificada. En este punto un representante del banco examina esa información y decide cómo debe continuar el proceso de negocio en función del análisis realizado. Es acá donde tiene lugar la definición de las actividades de Staff. Una limitación importante es que solo aquellos procesos que pueden ser interrumpidos pueden incorporar este tipo de actividades como

uno de sus elementos ya que la actividad implica interrupción [4]. El ejemplo presentado se puede observar en la figura. Las actividades de Staff son una función muy importante, la cual es requerida en varios procesos de negocio. Tal vez debería haber sido incluida en la especificación original de BPEL, tal vez sea incluida en futuras versiones.

Ilustración 3 Actividades de Staff

WebSphere –Tecnología

Una vez descritas las actividades de Staff, se presenta como IBM incorporó la funcionalidad de Staff a su producto WebSphere Integration Developer, mas no así al estándar BPEL4WS. Se elige este producto ya que será la herramienta de desarrollo a utilizar para la confección de una futura implementación.

Según [6] las tareas se componen mediante una combinación de los siguientes bloques: Roles y Verbos, Configuraciones de Staff, Configuraciones del cliente, Configuraciones de escalabilidad.

Roles y Verbos

Los roles y verbos interactúan para identificar los miembros de Staff según sus derechos de acceso. Más específicamente, los roles definen los permisos y los verbos definen a los miembros.




Para entender como es que trabaja, se debe tener en mente que una tarea es asignada a un rol, no a un individuo. Cada miembro de Staff tiene todos los permisos que son establecidos para el rol que tiene asignado.

Los verbos actúan para refinar aún más la lista de miembros que pueden demandar el trabajo. Oficialmente, un verbo es una consulta a la base de datos que recupera una lista de miembros del motor de ejecución.

Configuraciones de Staff

Las configuraciones de staff se utilizan para determinar que roles pueden interactuar con cierta tarea humana.


Existen seis posibles roles que se pueden elegir, los que aparecen dependerá del tipo de tarea humana con el cual se esta trabajando.

- **Administrador** 
Un administrador tiene la autoridad para realizar tareas de alto nivel.
- **Creador Potencial de Instancia (Potential instance creator)**
Un creador potencia puede crear una instancia de una tarea humana.
- **Iniciador Potencial (Potential starter)** 
Un iniciador potencial tiene la autoridad para iniciar una instancia existente. Este rol se asocia únicamente a una tarea que se origina.
- **Dueño Potencial (Potential owner)**
Un dueño potencial puede demandar, trabajar y completar tareas.
- **Editor** 
Un editor puede trabajar con el contenido de una tarea pero no puede demandarla o completarla.
- **Lector (Reader)**
Un lector tiene permisos para ver las tareas pero no puede trabajar en ellas.

Configuraciones del Cliente

Las configuraciones del cliente se utilizan para determinar como los miembros de Staff interactuaran con las tareas.

Hay dos posibles configuraciones:

- **Explorador BPC (BPC explorer)** 

Se selecciona el explorador BPC para utilizar el cliente estándar que se entrega con WebSphere Integration Developer. Con esta opción, la tarea es entregada al miembro de Staff vía HTML.


- **Portal client**

Esta opción se selecciona si se desea especificar un cliente que interactuará con WebSpherePortalServer.

Configuraciones de escalabilidad

Las configuraciones de escalabilidad se utilizan para especificar cuanto tiempo se debe esperar para que una tarea sea completada, y que rol se deberá notificar cuando esto no suceda.


Hay tres posibles configuraciones:

- **Lista (Ready)** 

Cuando una tarea está en el estado Lista, está esperando ser demandada. Se deberá configurar la escalabilidad para notificar a un miembro autorizado de Staff si nadie la demanda dentro del período del tiempo especificado.

- **Demandada (Claimed)**

Cuando una tarea está Demandada, un miembro de Staff ha aceptado el trabajo y debería estar trabajando actualmente en ella. Se deberá configurar la escalabilidad para notificar a un empleado autorizado en caso de que el miembro de Staff no termine el trabajo dentro del período del tiempo especificado.

- **SubTarea (Subtask)** 

Cuando una tarea está en el estado de SubTarea, el trabajo adicional fue delegado a otros miembros del personal para terminar la tarea padre. Se deberá configurar la escalabilidad para notificar a un empleado autorizado si el miembro de Staff no termina la SubTarea dentro del período del tiempo especificado. La meta es tener terminada la SubTarea antes de que se extienda la tarea padre.

3. CONCLUSIONES

El presente trabajo tuvo como objetivo el estudio de las distintas áreas que hacen al dominio y alcance del problema de forma de poder incorporarlos en el desarrollo de la Memoria de Grado. Se puso especial énfasis en los estándares, el concepto de actividades de Staff y las implementaciones que se tiene de las mismas en una de las herramientas disponibles en el mercado.

Una vez elaborado este marco teórico se destaca como parte fundamental, el material recopilado de actividades de Staff y BPEL, núcleo central del problema que se está tratando. A su vez, el estudiar BPEL condujo al estudio de una extensión del mismo, BPEL4People, que se encuentra directamente relacionado con la incorporación de participantes humanos en los procesos de negocio.

Fue muy importante el haber podido estudiar como implementa WebSphere las actividades de Staff ya que eso permite tener un concepto más claro para lo que será la implementación de la solución al problema que se está tratando.

En WebSphere el usuario utiliza el cliente Web para trabajar con procesos de negocio, el cliente Web dirige todas estas acciones vía API al motor de procesos de negocios, el cual es responsable de navegar a través de los procesos de negocio y de ir guardando el estado de los procesos y sus actividades. El motor no realiza cada paso por si mismo, sino que delega varias acciones a varios plug-ins. Los plug-ins le permiten al motor delegar pasos que requieren conocimiento específico de un cierto componente externo y están relacionados al manejo de datos, invocación de actividades y resoluciones de Staff. Este punto en particular da una idea clara de que, para poder llevar a cabo la solución, es imprescindible el consumo de Web Services y para esto el estudio de cada uno de sus componentes. Esto se debe a que uno de los objetivos de la Memoria de Grado es la incorporación de Staff a soluciones desarrolladas sobre el estándar BPEL por lo que se necesitará invocar un componente que realice dicha incorporación, el cual deberá agregar la lógica de Staff a la solución.

4. TRABAJOS A FUTURO

Este artículo forma parte de un proyecto el cual continuará con el análisis de factibilidad e impacto de la incorporación de las actividades de Staff en las soluciones que ya se tienen implementadas dentro del grupo de trabajo, así como también qué interfaces es necesario definir para que esta nueva funcionalidad pueda ser incorporada en las implementaciones con las que se cuentan hoy en día.

Una vez investigado esto se propondrá una solución que permita realizar la integración antes dicha para luego desarrollar un prototipo que valide y verifique la solución propuesta. Luego se obtendrán las conclusiones y se presentaran futuros trabajos que se pueden realizar para continuar investigando este tema. Por último se someterá a evaluación de un tribunal y alumnos de la Universidad el trabajo realizado.

REFERENCES

1. Business Process Execution Language for Web Services. Tony Andrews, Francisco Curbera, Hitesh Dholakia, Yaron Goland, Johannes Klein, Frank Leymann, Kevin Liu, Dieter Roller, Doug Smith, Satish Thatte, Ivana Trickovic, Sanjiva Weerawarana. Mayo 2003
2. Pervasive Enablement of Business Processes, Dipanjan Chakraborty, Hui Lei. Enero, 2004
3. Servicios Web. Ignacio García, Macario Polo, Francisco Ruiz, Mario Piattini. Universidad de Castilla-La Mancha, España. Informe Técnico UCLM DIAB- 05 - 01 – 1. Enero 2005
4. The Power of Process, the Benefit of BPEL. BJ Grau, Agosto 2005
<http://websphere.sys-con.com/read/118311.htm>
5. Servicios Web en plataforma .Net. Benjamín González C.
<http://www.desarrolloweb.com/articulos/1581.php?manual=54> Visitada: 13 de Mayo, 2006
6. IBM WebSphere Integration Developer documentation, Version: 6.0.0, 2005.
7. IBM, Information Center
http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/adiehelp/index.jsp?topic=/com.ibm.wasee.doc/info/ee/wfapi/tasks/t6bpe_macpae.html Visitada Febrero, 2006
8. WS-BPEL Extension for People – BPEL4People. Matthias Kloppmann, Dieter Koenig, Frank Leymann, Gerhard Pfau, Alan Rickayzen, Claus von Riegen, Patrick Schmidt, Ivana Trickovic. Julio 2005.
9. An Analysis of Web Services Workflow Patterns in Collaxa. Martin Vasko, Schahram Dustdar. Distributed Systems Group, Vienna University of Technology, Austria, 2004
10. WebSphere Version 5.1.Application Developer 5.1.1. Web Services Handbook
Ueli Wahli, Gustavo Garcia Ochoa, Sharad Chocase, Markus Muetschard. Febrero, 2004.

Evolución de las metodologías de desarrollo de software a las orientadas a agentes

Cristian Andrés Rodríguez

Universidad Católica de Colombia, Facultad de
Ingeniería de Sistemas, Bogotá, Colombia,
cristianarm@gmail.com

Mario Cesar Pardo

Universidad Católica de Colombia, Facultad de
Ingeniería Electrónica, Bogotá, Colombia,
marioce.pardo@gmail.com

Víctor Hugo Medina García

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad de Ingeniería, Bogotá, Colombia,
vmedina@udistrital.edu.co

ABSTRACT

The purpose of this article is to present the panoramic of the aspects which have given origin to Software Engineering methodologies and which of them are State of the Art, doing special emphasis in Agent-Oriented methodologies. This lead us to the study and comprehension of what Agents are, its characteristics and its applicability to complex-systems solutions, converging with those approaches that give us abilities for constructing sophisticated behavioral and highly complex systems through modular combinations of many components.

Palabras clave: Agent, Intelligent Agent, Multi-Agent system, Methodology, software evolution, Software engineering.

RESUMEN

El presente documento pretende mostrar la panorámica de los diferentes aspectos que han dado origen a diferentes metodologías de desarrollo de software, visualizando la incidencia actual y proyección dentro de la Ingeniería de software, haciendo un énfasis especial en las metodologías orientadas a Agentes, lo cual nos transporta hacia el estudio y comprensión de lo que son los Agentes, sus características y su aplicación en la solución de sistemas complejos, confluyendo con los enfoques que permiten habilidades para la construcción de sistemas de comportamiento sofisticado y de gran complejidad a través de combinaciones modulares de altas componentes.

Palabras clave: Agente, Agente inteligente, Sistema Multi-Agente, Metodología, evolución del Software, Ingeniería de Software.

1. INTRODUCCIÓN

Es indiscutible que en la actualidad los avances tecnológicos en las diferentes áreas tales como control de procesos, procesos de producción, control de tráfico aéreo, aplicaciones comerciales, gestión de información, comercio electrónico, aplicaciones médicas, juegos, etc., nos ha llevado a buscar e implementar diferentes tipos de soluciones, algunas se encuentran entre las más comunes y otras entre las más irregulares.

Las ideas nos proponen nuevos retos que no siempre hay que desecharlos por más extraños e inalcanzables que parezcan; las ideas hay que revisarlas y juzgarlas desde un punto de vista innovador porque no siempre suelen ser la solución para un problema sino para varios. También podemos encontrar ideas que en su momento pudieron estar fuera de contexto pero que en la actualidad pueden estar en vigencia.

En la actualidad encontramos que los agentes inteligentes están jugando un papel importante, por medio del desarrollo de diferentes metodologías, técnicas y herramientas los cuales han ayudado a desarrollar diferentes soluciones que nos permiten obtener un mejor manejo de la información bajo diferentes condiciones y situaciones.

Este trabajo se enmarca dentro de la línea informativa y de difusión con un enfoque central en la evolución del software, los métodos y las metodologías de la ingeniería de software hasta la revisión de las más conocidas como orientadas a agentes, sistemas multiagentes, mediante la exploración de los conceptos de agente, multiagente, sistemas multiagente.

En el artículo se hace una síntesis de metodologías orientadas a agentes tales como: MESSAGE, GAIA, ROADMAP, El metamodelo ROADMAP, MAS-CommonKADS, AUML e INGENIAS. Haciendo un alto en sus variantes si las tienen. Pero lo más destacable de nuestro estudio es la identificación de las componentes que configuran cada una de las metodologías y de algunas aplicaciones donde han sido implantadas algunas de ellas.

El trabajo lo estructuramos en la revisión detallada del análisis efectuado por los investigadores y creadores de las metodologías, iniciando con la metodología MESSAGE, luego nos concentramos en GAIA desde las fases de análisis hasta la de diseño, luego pasamos a MAS-CommonKADS, dando un pasada por AUML y concluimos con INGENIA.

2. EVOLUCIÓN DEL DESARROLLO DEL SOFTWARE

Desarrollos de la influencia actual

Después de gran influencia que ejercieron los sistemas de desarrollo de software pioneros y clásicos, tiene lugar dos grandes desarrollos tales como la implementación de herramientas CASE y la orientación a objetos. En los años 1970s e inicios de los 1980s la mente de los desarrolladores de software estaba influenciada por los expertos del software de la época y aparece el modelo en Cascada como un método estándar del desarrollo del ciclo de vida para sistemas de software y el primero documentado públicamente en 1970 y paradigma dominante.

Desgraciadamente el análisis y diseño falló en el cumplimiento de la promesa de bajar costos e incrementar la confiabilidad del software debido al incremento de la complejidad de los sistemas y la orientación hacia lenguajes de tercera generación.

Mas tarde se da el ataque al modelo en cascada y aparecen nuevos acerca de las etapas o estadios por los que pasa un producto de software como: Espiral.

Se dan nuevas ideas en los 1980s, como las herramientas CASE (Computer Aided Software Engineering) Ayuda asistida por computador a la Ingeniería de software. Muchos expertos afirman que sus métodos deberían retomar valor solamente cuando los CASE se integrasen al método. Pero Philippe Kahn fundador de Borland Internacional en 1983, lanza IDE (*Integration Development Environment*) Ambiente integrado de desarrollo llamado Turbo Pascal, precursor de ambientes de desarrollo visuales como Visual Basic, Power Builder.

Ninguna de las anteriores herramientas está asociada con la idea tradicional de una metodología de software (guía de acciones y modelos para crear software), sino que son Toolkits de las cajas de herramientas. Actualmente muchas CASE están olvidadas.

El segundo gran desarrollo es el desarrollo Orientado a Objetos y uno de sus padres es Alan Kay que dice la mejor forma de predecir el futuro es inventarlo.

En 1971 desarrolló ideas detrás de Smaltalk, desarrollado lejos por PARC (Palo Alto Research Center, en Xerox), hacia los 1970s y 1980's su objetivo era hacer el mundo del software mucho mas cercano al mundo real, los objetos se comunican enviando mensajes hacia atrás, para allá y para acá, cuando un objeto interactúa con otro, éste no tiene indicación del funcionamiento interno del otro. Cada objeto conoce los protocolos de interacción y de comunicación de los otros objetos. Se pueden construir sistemas mucho mas complejos combinando objetos y permitiéndoles que interactúen naturalmente, Lo cual era proporcionado por la implantación del Smaltalk.

Los proponentes de OO, argumentaron que su amplia adopción permitiría una mayor flexibilidad en el desarrollo de software que el de las técnicas estructuradas iniciales, al permitir la re-utilización del software y que una vez el objeto haya sido bien definido y creado debería ser usado en diferentes sistemas.

Arranca en los inicios de los 1980's. El departamento de defensa de Estados Unidos decidió ahorrar millones de dólares y aseguraba confiabilidad imponiendo que todos los desarrollos de software se hicieran en un lenguaje OO. Hacia 1983 invirtió millones de dólares desarrollando una nueva generación de Pascal OO. llamado ADA y al mismo tiempo Laboratorios Bell crean C++, pero ninguno tan fuerte como Smaltalk.

Se permite la creación de la Web, que condujo a la explosión en la adopción de los lenguajes y técnicas OO mientras que definitivamente Smaltalk nunca despegó, pero sus sucesores Java y Phytón han sido extremadamente exitosos.

Al igual que con el enfoque estructurado, son numerosas las propuestas surgidas de metodologías OO y de notaciones; su evolución comenzó desde la programación pasando por el diseño y finalmente el análisis. Muchas son las propuestas realizadas tanto de diseño como de análisis OO. En el caso del diseño las metodologías OO comparten los siguientes pasos básicos de diseño, aunque los detalles varíen mucho:

- Identifican objetos y atributos
- Establecen la visibilidad de cada objeto, en relación con los demás
- Se establece interfaz y tratamiento de excepciones
- Se realizan y comprueban los objetos

Por su parte el análisis OO evolucionó considerando 2 fuentes: el modelo semántico de datos y el diseño OO. Surgen muchas otras propuestas orientadas al análisis OO y muchos expertos se incorporan, salen nuevas propuestas de notaciones para modelar distintos componentes de un sistema OO.

UML

Los expertos recogen la idea de OO posiblemente porque entendieron que lo conceptual cambiaba desde la programación secuencial al enfoque OO, que seria doloroso el cambio y que el entrenamiento de las personas seria útil y lucrativo, hay un incremento entre los años 1989s a 1994s del número de metodologías entre un 10% hasta un 50% lo cual llegó a considerarse como una guerra de metodologías.

Muchos usuarios tenían dificultad para encontrar un lenguaje de modelamiento que satisficiera completamente sus necesidades, lo que llevó a Grady Booch (*Rational Software Corporation*), Ivar Jacobson (Objectory) y James Rumbaugh (*General Electric*) a adoptar ideas cada uno de las otras metodologías, lo que les da un reconocimiento como líderes de los metodologías OO en el concierto mundial.

Booch, OOSE y OMT se inclinan por la creación de un lenguaje de modelamiento unificado obedeciendo a estas 3 razones:

- La evolución real de los métodos independientemente
- Proporcionar alguna estabilidad al mercado de la OO facilitándole a los proyectos usar un lenguaje de modelamiento maduro y conducir las herramientas de construcción a la focalización sobre las características de salida más útiles
- La colaboración produjera mejoramiento en los tres métodos iniciales.

UML parte en Octubre de 1994 cuando se unen Rambaugh y Booch y producen la versión draft 0.8 del método unificado para Octubre de 1995, luego viene la versión UML 0.9 en junio de 1996; durante este periodo los autores invitan y reciben retroalimentación de la Comunidad de Ingeniería de Software y se ve a UML como una estrategia de negocios, se crea un consorcio con UML y aparece UML 1.0 como un lenguaje de modelamiento bien definido, explicito y poderoso aplicable a una gran cantidad de dominios de problemas (*Digital Equipment Corporation*,

H.Packard, i-Logic, Intellicorp y James Martin y Cia, IBM, Icon Computing, MCI System-house, Microsoft, Oracle, Rational, Texas Instrument, Unisys.

En respuesta a petición de OMG (*Object Management Group*) forman parte del consorcio, se ofrece UML para estandarización en enero/97, la cual fue finalmente aceptada por OMG Análisis en julio/97.

Lo verdadero es que la guerra de metodologías no termina con el advenimiento de UML, porque UML no es una metodología es una notación, Rational ha definido un proceso de desarrollo soportado en UML conocido como RUP (*Rational Unified Process*) en el que se integran herramientas CASE y herramientas de asistencia al proceso riguroso tales como: Aseguramiento a la calidad, administración de requerimientos entre otros.

Metodologías Ágiles

Se critica a los métodos estudiados hasta la fecha por definir tantas cosas que hacer que lo que ocasionan es un desarrollo lento y posiblemente debido a ese fenómeno se conocen como *Heavy Methodologies* (metodologías pesadas) o *Monumental Methodologies* (metodologías monumentales); hacia finales de los años 1990s surge un nuevo grupo de metodologías sustentadas en ideas antiguas de Brooks conocidas como *Lighweight Methodologies* (metodologías ligeras) por un tiempo y ahora se aceptan como metodologías ágiles.

Los contrarios a UML y Dijkstra han proclamado un manifiesto por el desarrollo de software ágil sustentados en estos postulados:

- Los individuos y sus interacciones, son más importantes que los procesos y las herramientas.
- Un software que funcione, es más importante que una abundante documentación.
- La colaboración con los clientes, es más importante que la negociación de contratos.
- La respuesta ante el cambio, es más importante que el seguimiento de un plan

Los expertos ágiles han creado su propia empresa de consultoría y entrenamiento orientando sus principales esfuerzos hacia ganar ventaja de la nueva economía desarrollada sobre Internet.

Sin duda alguna la principal contribución de estas metodologías ágiles es que están adoptando ampliamente el enfoque centrado en la persona de Brooks y que están adicionando elementos para el entendimiento de la problemática humana que hay detrás del desarrollo de software. En general Highsmith (2002) usa la palabra Ecosistema en lugar de metodología o método para indicar que el desarrollo de software trata a cerca de personas, sus interacciones y adaptaciones a un ambiente amplio y no sobre procesos de ingeniería. Ejemplos de estas metodologías son:

- XP (Extreme Programming)
- CockBurn's Crystal family
- Open Source
- Highsmith's Adaptive Soft Development
- Scrum
- Feature Drive Development
- DSDMC (Dynamic System Development Method).

3. METODOLOGIAS ORIENTADAS A AGENTES

Los agentes inteligentes empezaron a figurar en la investigación en Inteligencia Artificial (IA) y para ser más exactos en la Inteligencia Artificial Distribuida (DIA). Los agentes intentan integrar todos los campos de la IA aplicándolos a problemas reales, donde este es el elemento básico de construcción y representa una parte del problema, la unión y colaboración entre ellos conlleva a una solución compleja [1].

¿Qué es un agente / Agente inteligente?

Las diferentes definiciones que podemos encontrar para responder la pregunta [3], [4] ¿Qué es un agente / agente inteligente? No siempre nos dan una respuesta clara que cumpla con nuestras expectativas, pero las más adecuadas son las dadas por Newell [2] y la de Wooldridge [5].

Newell [2] asume que existen diferentes niveles de abstracción en el diseño de sistemas, entre ellos el nivel de símbolos y el nivel de conocimiento. Del mismo modo que un programa convencional maneja símbolos (ej. expresiones,

variables) en el nivel de símbolos, un agente, que equivale a un programa en el nivel del conocimiento, maneja únicamente conocimiento y se comporta de acuerdo con el principio de racionalidad. Este principio estipula que un agente emprende acciones porque está buscando satisfacer un objetivo.

Un agente (inteligente) es aquel capaz de tener una acción autónoma flexible según los objetivos de diseño [5].

Capacidades de un agente / agente inteligente

Un agente inteligente es autónomo, auto contenido, reactivo, pro-activo, sistema de computo típicamente enfocado al control, que tiene la posibilidad de comunicarse con otros agentes por medio de algún lenguaje de comunicación de agentes [5].

- La capacidad de tomar la iniciativa, no manejado solamente por eventos, pero capaz de Autonomía: capacidad de operar sin intervención humana o de otros, control de sus propias acciones y estado interno.
- Reactividad: capacidad de percibir el entorno y actuar respecto a los cambios en una fracción de tiempo para satisfacer sus objetivos.
- Pro actividad para generar metas y actuar racionalmente en función de los objetivos perseguidos.
- Habilidad social (lenguajes de comunicación de agentes): capacidad de comunicarse con otros agentes en función de sus objetivos (para cooperar, coordinarse o negociar).

También podemos encontrar unas capacidades de los agentes inteligentes conceptualizadas e implementadas en términos de conceptos que usualmente aplicamos a los humanos (como son creencias, deseos e intenciones (arquitectura BDI) también conocidos como sistemas intencionales.

- Creencias: cual es mi visión del mundo.
- Deseos: que opciones tengo según mis creencias.
- Intenciones: que objetivos voy a conseguir.

Algunas otras capacidades tomadas de la inteligencia humana que podemos encontrar en los agentes inteligentes como otras definiciones dadas a las ya mencionadas son:

- Autónomo: un agente esta habilitado para tomar la iniciativa y ejercer un no trivial grado de control sobre sus acciones.
- Objetivo orientado: un agente acepta un alto nivel de indicaciones de requerimientos que un humano desea y es responsable de decidir cuando y donde satisfacerlos.
- Colaborativo: un agente no obedece ciegamente los comandos, pero tiene la habilidad de modificar los requerimientos, solicitar preguntas aclaratorias, o negarse a satisfacer un determinado requerimiento.
- Flexible: las acciones de un agente no están predeterminadas, el esta habilitado para que dinámicamente seleccione cual acción va a invocar, y en que secuencia, en respuesta aun estado del ambiente exterior.
- Auto-arranque: es estándar de los programas son directamente invocados por el usuario, un agente puede detectar los cambios en el ambiente y decidir cuando actúa.
- Continuidad temporal: los agentes están continuamente corriendo procesos, no de un solo cómputo que tiene una sola entrada y una salida, entonces termina.
- Carácter: un agente tiene bien definido personalidad y estados de emocionales.
- Comunicativo: los agentes están habilitados para entablar complejas comunicaciones con otros agentes, incluyendo personas, en orden para obtener información o listar sus ayudas para cumplir sus objetivos.
- Adoptivo: los agentes automáticamente se ajustan a las preferencias del usuario basado en experiencias previas.
- Movilidad: un agente esta habilitado para transportarse a si mismo desde una maquina a otra y a través de diferentes arquitecturas de sistemas y plataformas
- Veracidad: no engañar.
- Benevolencia: no entrar en conflicto y hacer lo que se le pide.
- Racionalidad: Actuar según sus metas.

Sistemas Multi-Agente

Teniendo en cuenta el carácter distribuido de los entornos de aplicación de agentes (especialmente tratamiento de información en Internet) es normal concebir la colaboración de varios agentes. En tales casos, la atención se centra en cómo construir Sistema Multi-Agentes (SMA) que pueden entenderse como grupos de agentes que interaccionan entre sí para conseguir objetivos comunes.

Un SMA es un sistema según Ferber [6] que reúne los siguientes elementos:

- Un entorno.
- Un conjunto de objetos. Estos objetos se encuentran integrados con el entorno, es posible en un momento dado asociar uno de estos objetos con un lugar en el entorno. Estos objetos son pasivos puede ser percibidos, creados, destruidos y modificados por los agentes.
- Un conjunto de agentes que se consideran como objetos especiales que representan las entidades activas del sistema.
- Un conjunto de relaciones que unen objetos, y, por lo tanto agentes.
- Un conjunto de operaciones, que hace posible que los agentes perciban, consuman produzcan, transformen y manipulen objetos.
- Operadores que representen la aplicación de operaciones sobre el mundo y la relación con este al ser alterado. Estos operadores se pueden entender como las leyes del universo.

Según esta definición [7], [8], la influencia de unos agentes en otros viene dada no solo por la comunicación explícita sino también por la actuación sobre el entorno. Este hecho aumenta la complejidad del desarrollo de SMA enormemente, ya que obliga a estudiar el entorno con detalle para detectar qué acciones realizadas por un agente pueden afectar a otro agente.

3. METODOLOGÍAS DE AGENTES INTELIGENTES

MESSAGE

(*Methodology for Engineering Systems of Software Agents*), Metodología para Sistemas de Ingeniería de Agentes de Software [9]. Este nombre es de un proyecto EURESCOM, que desarrolló una metodología de software para agentes inteligentes, donde identifican si los problemas que se han de resolver se podrían beneficiar de un enfoque OA (orientado a agente) y ayudan a justificar una toma de decisiones frente a los demás.

La metodología la crean mezclando ideas de enfoques de Ingeniería de software convencionales y recogiendo lo mejor de ellos para formar la nueva metodología, buscando potenciar trabajar en desarrollo OA, agregando nuevas componentes técnicas a los repertorios de las metodologías conocidas

El enfoque OA da la habilidad para construir sistemas complejos sofisticados mediante la mezcla modular altos componentes cuya inteligencia de agentes y su capacidad para la interacción social conduce a SMA, con capacidades sinérgicas.

La capacidad del desarrollo de herramientas OA, ha permitido la valoración de la tecnología en uso industrial. La tecnología nunca es suficiente por sí misma, se requiere de personas hábiles en reconocer problemas donde pueda ser aplicada provechosamente y de visualizar los beneficios frente a alternativas del mismo enfoque y usarla para la generación de beneficios

El objetivo de la metodología MESSAGE es el de hacer este conocimiento accesible a quien lo necesite, es así como los propietarios del problema y de los requerimientos de ingeniería, los ingenieros profesionales del software trabajan en el desarrollo de una corriente de software cuyas principales aportes son:

- Lineamientos o perfiles sobre los beneficios y la aplicabilidad de SMA.
- Una metodología de Ingeniería de software para SMA. soportada con casos de estudio bien ilustrativos

Surgen inquietudes que plantean la necesidad de muchas respuestas, como:

- Preguntas sobre la necesidad de una metodología AOSE
- El interrogante de cuando perderán vigencia los métodos OO, usados actualmente y en los cuales se han invertido gran cantidad de dinero en capacitación y en herramientas de software
- La Pregunta de que agentes no están justamente alrededor de lenguajes, lenguajes de programación y plataformas

- Lo mismo dan por cierto en la OO, que inicia con Simula y se populariza con la llegada de Smaltalk y con extensiones hacia Lisp.

Las tecnologías basadas en agentes, al ser usadas ampliamente por la industria obligan la necesidad de crear una metodología de desarrollo basada en agente que cubra todas las fases y actividades del ciclo de vida del software, por consiguiente la orientación ya sea: OA, OO u cualquier otra en una aplicación se establece inicialmente en el ciclo de vida.

El análisis OA conduce naturalmente a diseño OA el cual lleva a programación OA., se han hecho grandes esfuerzos en lenguajes y herramientas OA, pero se ha hecho muy poco por el Análisis y Diseño OA La Ingeniería de Software OA permitirá que se desarrollen sistemas OA en gran escala en la industria cuando las herramientas de desarrollo se completen con toda la madurez de requerimientos, notaciones y métodos de diseño OA.

Se resalta la importancia de la OO en su aplicación a un amplio rango de proyectos de forma exitosa y sus resultados reales frente a los paradigmas iniciales Pero también tienen en cuenta la presión ejercida por el terror que ha causado la falla desastrosa de los sistemas distribuidos grandes, cuyo interés ha sido ampliado por la demanda extraordinaria de sistemas distribuidos complejos, junto con el incremental uso de la tecnología Internet. Típicos problemas ya experimentados incluyen: Sobre costos, Liberación tardía, problemas de integración, sistemas fuera de fecha antes de entrar en servicio, sistemas que trabajan una especificación pero no son prácticos o no liberan beneficios a los negocios.

La mayoría de ellos no se interesan en la funcionalidad del software, sino por requerimientos de software no funcional (Algunas veces conocidos como *Ilities*) tales como: flexibilidad, adaptabilidad, facilidad de uso y posibilidad de evolucionar; los cuales es necesario tratarlos en la motilidad hacia el interés de la OA.

Una de las principales ventajas ofrecidas por el enfoque OA es una reducción en complejidad que acorta directamente riesgos de integración y desarrollo. Todo esto unido a una variación en el enfoque desde la especificación del comportamiento esperado para particularizar los objetivos específicos del software.

El propósito de MESSAGE es definir una metodología OA apropiada para usar en departamentos principales de Ingeniería de Software, sin tener que abandonar sus métodos actuales OO. Se dan muchas similitudes entre ellos y se pasan a ser capaces de utilizar notaciones similares para conceptos semejantes

El enfoque actual es utilizar una OO para análisis y diseño tal como UML como base y se extenderá con notaciones de propósito especial para conceptos de modelado relacionados con agentes que no pueden ser modelados fácilmente con UML.

Los agentes no son simplemente lo más grande, son objetos mas sofisticados y deberá ser posible modelar objetos y agentes como subclases de una clase predecesora común.

GAIA

La metodología GAIA [10] ha sido la primera metodología completa para el análisis y diseño de SMA.

No obstante la versión original ha experimentado desde las limitaciones de ser aprovechable para el análisis y diseño de SMA cerrados y de la adopción de técnicas de notación no estandarizadas. Razones por las cuales diversas extensiones a la metodología básica GAIA han sido propuestas recientemente. Aquí se resumen las características claves de la GAIA original y se presentan tres extensiones propuestas para cubrir las limitaciones de la metodología inicial y hacerla de esta forma más aprovechable para el desarrollo de SMA abiertos en ambientes complejos.

La primera versión: enfatiza en la necesidad de identificar apropiadas abstracciones OA alrededor de las cuales centrar procesos de desarrollo de SMA. En particular se perfila en la conveniencia de la metáfora Organizacional, en la cual un SMA es concebido como una Organización Computacional de agentes cada uno jugando roles específicos en la organización y cooperando uno con otro hacia el alcance de una meta de una aplicación común (Organizacional).

Sus limitaciones pueden minar la posibilidad de su adopción efectiva para la mayoría de escenarios multiagente del mundo real

La primera limitación se refiere al hecho de que en su propósito inicial es apropiada solamente para el análisis y diseño de SMA cerrados, en los cuales los agentes deben den ser benevolentes unos con otros y estar dispuestos a colaborar. Desafortunadamente este no es el caso de la mayoría de sistemas de agente de hoy, donde los agentes pueden pertenecer a depositarios diferentes y pueden expresar su interés autónomo en acciones.

La segunda limitación hace relación a la notación propuesta por GAIA para modelar y representar un SMA, y sus componentes, surge como no aprovechable para abordar las complejidades de sistemas del mundo real y aun peor no está inspirada por estándares aceptados por la Ingeniería de Software.

Como una consecuencia de estas limitaciones se han propuesto mejoras a la metodología GAIA para capturar las características de SMA abiertos en complejos ambientes abiertos y para mejorar sus técnicas de notación.

Este artículo presenta brevemente la versión original de la metodología GAIA y tres propósitos para sus variantes, dos de ellos extienden los procesos básicos para hacerlos convenientes para SMA abiertos, mientras el tercero intenta integrar técnicas de notación estándar en GAIA.

GAIA en su alcance cubre las fases de Análisis y Diseño y excluye las de colección de Especificaciones y la de Implantación.

En general el proceso consiste en construir ordenadamente una serie de modelos dirigidos a describir los aspectos macro (social) y micro (intra-agente) de un sistema SMA concebidos como una sociedad organizada de individuos (es decir una organización computacional de entidades autónomas). En la fase de análisis los modelos Role e Interacción son construidos para describir el sistema como un conjunto de roles abstractos interactuando. Los dos modelos son usados como la entrada a la etapa de diseño en la cual los modelos agente, servicios y conocimiento son definidos para formar una especificación de diseño completa del SMA para ser usada para la siguiente fase Implantación, no considerada en GAIA

Análisis con GAIA

En esta etapa son identificados los roles en el sistema y son modeladas sus interacciones.

Los roles son construcciones abstractas usadas para conceptualizar y entender el sistema. Todos los roles son construcciones atómicas y no se pueden definir en términos de otros roles.

Un esquema de role es entendido a ser una descripción semiformal del comportamiento de un agente y su colección define el modelo role completo. Un esquema role es definido en términos de estos cuatro atributos: Permisos, responsabilidades, actividades y protocolos.

Los permisos expresan los recursos ambientales disponibles al role usualmente en términos de alguna información que el role puede leer, escribir o crear. Especifican que puede y que no puede usar el role.

Las responsabilidades definen la funcionalidad actual del role, existen dos tipos de responsabilidades las propiedades con de seguridad y la de vitalidad.

Las de seguridad son la actuación del agente sobre el role que siempre debe preservar, se expresan como predicados sobre las variables o recursos en los permisos del role, indicando los valores legales que las variables o recursos puedan tomar.

Las propiedades vitalidad describen el ciclo de vida o el patrón generalizado del comportamiento del role, son representadas por una expresión regular sobre el conjunto de actividades y de protocolos que el role ejecute.

Las actividades son prometidas para representar esas tareas o actuaciones que un rol puede tomar sin interactuar con otros roles.

Los protocolos son tareas o actuaciones que un rol puede tomar, pero que involucra interacción con otros roles.

GAIA Versión 2

Esta variación está basada en la consideración clave de que una organización es mucho más que una colección de roles. Además de los roles y protocolos, el ambiente en el cual un SMA está inmerso es elegido para una principal abstracción de análisis y de diseño. La abstracción ambiental explícitamente especifica todas las entidades y recursos con que un SMA puede interactuar para lograr el objetivo organizacional.

Además del modelo ambiental dos abstracciones organizacionales llegan a jugar papel dentro de GAIA: las reglas organizacionales y la estructura organizacional.

Las reglas organizacionales conducen a algunas restricciones que la organización tendrá que observar. Pueden ser globales (Interesadas con todos los roles y protocolos) o justamente las interesadas con las relaciones entre algunos roles, entre algunos protocolos o entre algunos roles y protocolos en el SMA.

Estas reglas permiten al diseñador del sistema determinar explícitamente cuando y bajo que condiciones un nuevo agente puede participar en la organización, cual es su posición, como también cual comportamiento es aceptable y cual debe ser evitado por la organización.

Las estructuras organizacionales dirigidas a hacer explícita la arquitectura total de los sistemas (la posición de cada rol en la organización y sus relaciones con otros roles).

Las reglas y las estructuras organizacionales están estrictamente relacionadas, en cuanto a que las reglas pueden ayudar a los diseñadores en la identificación de estructuras en la organización para que las aprovechen mejor. En este sentido es que GAIA v.2 reconoce que el modelo de rol deberá explícitamente derivar desde la opción de la estructura organizacional y no a la inversa.

La Metodología ROADMAP

Es otra variación a GAIA propuesta por la Universidad de Melbourne [11], inicialmente descrita en (Julián 2002).

Surgió como un intento de extender la versión original de GAIA con: Una jerarquía de rol dinámica (como una forma de tratar con sistemas de agente abiertos), con modelos adicionales para describir explícitamente el ambiente agente (como lo hace GAIA v2) y el conocimiento agente (Característica muy importante en sistemas de agente inteligentes y que es descuidada por GAIA y GAIA v2. Desde GAIA ROADMAP hereda más que lo básico del modelo de proceso fundamental, la vista organizacional en SMA y las definiciones básicas de roles, protocolos, agentes y servicios. No obstante con el tiempo la semántica de esos conceptos en ROADMAP ha llegado a ser ligeramente diferente de GAIA, así que para alguna extensión puede ser considerada una propia metodología.

En ROADMAP un sistema es visto como una organización de agentes que consta de una jerarquía de roles y una jerarquía de agentes.

La jerarquía de roles es la especificación del sistema, representa el comportamiento correcto de los agentes.

La jerarquía de agentes es la implantación del sistema, suministrando las funcionalidades actuales. La jerarquía de roles restringe la jerarquía de agentes en la misma forma como las estructuras organizacionales, las responsabilidades y procedimientos de los negocios restringen individuos en una organización humana.

Para alguna extensión la jerarquía de roles juega en ROADMAP un rol similar al que las estructuras organizacionales y las reglas organizacionales juegan en conjunto en GAIA v2.

Los roles y protocolos, como en GAIA están primero las Entidades clase en ROADMAP, que es diferente en GAIA y GAIA v2, tiene realización concreta en tiempo de corrida en ROADMAP. En una organización ROADMAP de hecho los agentes interactúan por el paso de mensajes, mientras los roles y protocolos actúan como filtros de mensajes.

Las principales mejoras desde los roles GAIA son:

- Los atributos de nuevos subroles que usan la semántica de agregación para construir recursivamente una jerarquía de roles
- Los nuevos atributos de conocimientos que asocian componentes de conocimiento con roles
- El uso de palabras claves como: antes, durante y después para limitar la aplicabilidad de atributos a estados vitalidad o a protocolos.
- Especificación de Funciones de evaluación, las cuales sirven como medida oficial de desempeño de agentes
- El atributo permiso puede ahora incluir leer o modificar accesos a otros roles o protocolos permitiendo que la organización sea cambiada en tiempo de corrida dando la apropiada autorización.

Los conceptos claves de ROADMAP son delineados en el meta modelo ROADMAP. Los modelos se agrupan en tres categorías : el modelo ambiental y el modelo de conocimiento contienen información reutilizable de dominio de alto nivel, el modelo de caso de uso, el modelo de interacción, el modelo de rol, el modelo agente y el de conocimiento son de aplicación específica. Los modelos de protocolo y de servicios describen potencialmente componentes reutilizables de software de bajo nivel.

EL Metamodelo ROADMAP para Sistemas Multiagente Adaptativos Inteligentes en Ambientes Abiertos

El modelo ROADMAP fue diseñado para describir sistemas adaptativos inteligentes en ambientes abiertos [11], usando conceptos tales como: roles. Su desarrollo crea nuevos retos en atributos de calidad de ingeniería de software tales como Exactitud y confiabilidad.

El metamodelo toma captura de nuestro entendimiento de propiedades de sistemas adaptativos inteligentes y nuestra perspectiva en conceptos organizacionales tales como los roles, no resuelve problemas específicos de ingeniería sino que provee una clara estructura de alto nivel donde las cuestiones de ingeniería se pueden agrupar y clasificar, la infraestructura que soporta estas cuestiones puede ser colocada progresivamente con consistencia. Los autores esperan que los desarrolladores de metodologías AOSE, herramientas, lenguajes de programación y tramas se beneficien desde el entendimiento del diseño y la estructura del metamodelo. De su adopción las metodologías resultantes, herramientas y lenguajes pueden heredar sus características deseables y soportar mejor el desarrollo de sistemas adaptativos inteligentes en ambientes abiertos.

La capacidad de sistemas adaptativos inteligentes de manejar ambientes abiertos tiene un valor significativo comercial para la industria y ha sido el centro de investigación extensa en la academia. Estos sistemas presentan nuevos retos para atributos de calidad tradicional, de ingeniería tales como:

Confiabilidad e inspira nuevos atributos de calidad como la privacidad, los cuales son difíciles de desarrollar usando métodos convencionales.

MAS-CommonKADS.

La metodología MAS-CommonKADS [12] está basada en CommonKADS [13], adicionando técnicas de metodologías orientadas a objetos, ingeniería de software orientada a objetos, aportando una serie de modelos para desarrollar las fases de análisis y de diseño de sistemas multiagente. Esta metodología ha sido la primera en hacer un planteamiento de SMA integrado con un ciclo de vida de software, concretamente el espiral dirigido por riesgos.

La principal característica es la incorporación de técnicas orientadas a objetos a CommonKADS, la cual es tomada como eje fundamental a lo largo de todo el proceso.

Para esta metodología se definieron los siguientes modelos:

- Modelo del agente: especifica las características de agente: capacidades de razonamiento, habilidades, servicios, grupos de agentes y herencias (para el modelamiento de modelos organizacionales).
- Modelo de tareas: describe las tareas que el agente realizara, objetivos, descomposiciones, ingredientes, métodos de soluciones de problemas, etc.
- Modelo de experiencia: describe el conocimiento necesario para que el agente lleve a cabo sus objetivos.
- Modelo organizacional: describe la organización dentro del cual el SMA va ha ser introducido y la organización social de la sociedad de agentes.
- Modelo de coordinación: describe las conversaciones entre agentes: sus interacciones, protocolos y capacidades requeridas.
- Modelo de comunicación: detalla las interacciones entre el agente y el software humano, y los factores humanos para el desarrollo de esas interfaces.
- Modelo de diseño: recolecta los modelos anteriores y la consistencia del árbol de submodelos: diseño de red para discriminar los aspectos relevantes de la infraestructura de la red del agente (red requerida, conocimiento ya facilidades telemáticas); diseño de agente para la división o comparación de agentes para el análisis de acuerdo a los criterios y la selección del conjunto de arquitecturas de agentes para cada agente; y el diseño de plataforma, para selección la plataforma de desarrollo de agentes para cada arquitectura.

La aplicación de la metodología consiste en la creación de diferentes modelos. Cada modelo consiste de componentes (entidades para ser modeladas) y relaciones entre los componentes. Los estados de los componentes se definen en el desarrollo: desocupado, identificado, descrito o validado. El modelo en sí parte de una descripción gráfica que luego se complementa con explicaciones en lenguaje natural de cada elemento.

La especificación de SMA que proporciona MAS-CommonKADS detalla la mayoría de aspectos en lenguaje natural. Esta particularidad dificulta el análisis automático de la especificación generada y supone una gran desventaja frente a semi-formalismos como UML, soportado por muchas herramientas y con la posibilidad de hacer chequeos para verificar el desarrollo (¿Existen elementos no utilizados? ¿Se ha asociado especificaciones de comportamiento a los casos de uso?). Para lograr lo mismo en MAS-CommonKADS habría que restringir el uso de lenguaje natural o bien incluir formalismos que logren una definición más precisa y menos ambigua del SMA.

Un aspecto interesante en el que podemos resaltar es le de proveer guías de desarrollo para las fases no consideradas. En este punto, MAS-CommonKADS da pequeñas pinceladas de los procesos de implementación e implantación.

La existencia de herramientas de desarrollo asociadas no es ni mucho menos un aspecto generalizado en todas las metodologías. En MAS-CommonKADS existe una herramienta conocida como AgentEditor.

Si nos fijamos en los aspectos que se refieren a la caracterización de las interacciones entre agentes o roles es en ocasiones independiente de cualquier modelo, como en el caso de MAS-CommonKADS está orientados al empleo de un lenguaje concreto como KQML.

Cuando nos referimos a arquitecturas de agentes concretas, MAS-CommonKADS optan por cierta independencia y la posibilidad de selección entre varias opciones, lo cual facilita trabajar con el.

AUML

En lo que se refiere a este tema [14], [15], fue desarrollado fundamentalmente por Parunak y Odell, no es en sí una metodología o un método sino que se centra más en intentar adaptar herramientas de desarrollo ya existentes y que están teniendo éxito para aplicaciones industriales reales, como es el caso de UML, tratando de orientarlas hacia el campo de los agentes.

Nos permite usar notación UML para representar conceptos de agente. En si es una extensión UML al que se le añaden los Diagramas de Protocolos.

Un diagrama de protocolos es un diagrama de secuencias UML que especifica una colección de mensajes, parcialmente ordenados, entre un agente emisor y un agente receptor el cual incluye:

- La dimensión vertical representa el tiempo.
- La dimensión horizontal representa el rol de los agentes involucrados en la conversación.
- Si en una conversación, un agente recibe un mensaje que no comprende, responderá con un mensaje de no comprensión indicando el motivo de la incompreensión.

Usar AUML nos proporciona una plataforma formal para el análisis, diseño, organización y manejo de las características de los agentes y el modelamiento de sistemas basados en agentes. Esto nos proporciona una total exploración de las características flexibles y la productividad potencial de los agentes.

AUML es mucho más que un lenguaje de programación y modelado de diagramas de diseño, en lo concerniente al modelado de arquitecturas de agentes y a los rangos proporcionados para la declaración de modelos. Funcionalmente, UML es un elemento clave en la generación de arquitecturas de agentes y aproximaciones a los sistemas de agentes permitiendo detallar procesos y dejándonos proporcionarle las instrucciones y plataformas de diseño por medio de la definición de todos los roles variables y no variables de los agentes describiendo sus atributos y dinámicas de organización antes y después de las condiciones para las operaciones.

Es un modelador de plataformas que describe las especificaciones formales de una función, estructura y características de agentes o sistemas multiagente. Hay tres categorías principales que nos permiten describir los sistemas de información y elementos: estática, dinámica y descriptiva. Cada categoría resuelve un tipo de problema. Las categorías se discriminan de la siguiente manera:

- Estática: clases, paquetes, componentes y diagramas.
- Dinámicas: casos de uso, interacción (secuencias, colaboración, estados) y diagramas de actividad.
- Descriptivos: descripciones de las clases.

INGENIAS

INGENIAS [16] propone un método de desarrollo que concibe el SMA como la representación computacional de un conjunto de modelos. Cada uno de estos modelos presenta una visión parcial del SMA.

Los agentes que lo componen, sus interacciones la forma como se organizan para proporcionar la funcionalidad del sistema, la información relevante en el dominio y cómo es el entorno en el que se ubica el sistema a desarrollar. Para facilitar la representación computacional de los modelos, en el trabajo de los autores se asume que la implementación final se realiza parametrizando un armazón software.

Para especificar cómo serán estos modelos se definen meta-modelos. Un metamodelo se define como una representación de los tipos de entidades que pueden existir en un modelo, sus relaciones y restricciones de aplicación.

Los metamodelos que se describen son una evolución del trabajo realizado en MESSAGE. En MESSAGE se propusieron metamodelos para representar agentes, organizaciones, el dominio, interacciones, tareas y objetivos.

Los resultados obtenidos de MESSAGE se mejoraron en estos cuatro aspectos:

- La integración de los meta-modelos con las prácticas de ingeniería
- Un mayor nivel de detalle en los meta-modelos
- Una mayor cohesión entre los meta-modelos
- Representación del entorno del sistema.

5. CONCLUSIONES

El mundo en su avance evolutivo tanto de personas, como de otros entes vivientes es relativamente pequeño comparado con lo que sucede en tecnología y conocimiento, los sistemas vivientes nacen, crecen, se reproducen y mueren enmarcados dentro de unas leyes dictadas por la naturaleza y establecidas por un Ser Supremo. En tecnología y conocimiento el paso agigantado y amplio obedece a que el hombre debe satisfacer necesidades que le permitan un mejor estatus de vida, acompañado de una gran sed de conocimiento delimitadas por la capacidad de asombro frente a los problemas que puedan surgir con los requerimientos de adaptación hacia los fenómenos y la realidad. Estos sistemas también nacen, crecen, se reproducen y mueren de manera diferente a los vivientes, nacen de ideas, crecen mediante las modificaciones y nuevas versiones, se reproducen cuando se dotan de cierta inteligencia y mueren cuando se hacen obsoletas o surgen nuevos paradigmas y se orientan bajo la tutela de los investigadores

En este orden de ideas surge la aplicación del conocimiento y la tecnología, dentro de las cuales tienen un nicho especial los computadores, el software, las bases de datos, las redes de comunicaciones, los procesadores; estudiadas y orientadas bajo cada disciplina e inmersas dentro de 2 grandes líneas, la informática y la teleinformática .

SE optó por examinar los procesos de avance, estancamiento y de innovación relacionados con el software, la ingeniería de software y sus metodologías objeto de estudio en este escrito, si por lo menos no están todas, consideramos aparecen las mas representativas.

Al revisar la historia de las computadoras, software, lenguajes de programación, el software, la ingeniería de software y sus métodos se aprecia claramente que la brecha que separa una era de la otra inicialmente fue grande, pero con el correr del tiempo y el avance del conocimiento se ha reducido significativamente, hasta extremos de meses y como mucho un año, con mayor énfasis en software y metodologías ya que los investigadores buscan y tratan de modelar los fenómenos de la realidad compleja ya no solo incluyendo aspectos relacionados con datos, información, entre otros sino que se está llegando a propuestas de metodologías que involucren nuevos conceptos como: agente, multiagente, roles, modelos, responsabilidades, organizaciones sociales, interacciones, exactitud, benevolencia, abstracciones y vitalidad entre otros. Estas metodologías van acompañadas en algunos casos de modelos, metamodelos aplicados a problemas del mundo real, especialmente en los relacionados con el mercado en todas sus manifestaciones, es decir con ambientes de algunos sistemas abiertos, porque inicialmente fue para sistemas de ambientes cerrados. Se está teniendo en cuenta componentes muy importantes como: la sociedad, su interacción y las características conductuales propias de los seres vivos.

REFERENCIAS

1. Wooldridge, M. J. y Jennings, N. R.: *Agent Theories, Architectures, and Languages: A Survey*. Actas de conferencia. Springer-Verlag. Wooldridge, M. and Jennings, N. R.1995.
2. Newell A.: The knowledge level. *Artificial Intelligence*:1982.
3. Bejar, J.: *Aplicaciones de la IA*. Notas presentaciones sobre Agentes. 2004-2005.
4. Inghan, J.: What is agent? Technical report #6/99. Center of software mainenance. University of Dirham.1999.
5. Wooldridge, M. J.: *The Logical Modelling of Computational Multi-Agent Systems*.:1992.

6. Ferber J. and Drogoul A.: *Using reactive multi-agent systems in simulation and problem solving*.:1992.
7. Julian, V., Botti, V.: *Developing Real- Time Multi-Agent Systems*. En Actas de 4ta Iberoamerican Workshop on Multi-Agent Systems (Iberagents'02), Málaga. 2002.
8. Wood, M. F.: *Multiagent Systems Engineering: A Methodology for Analysis and Design of Multiagent Systems*. Air Force Institute of Technology. MS Thesis.:2000.
9. *Methodology for Engineering Systems of Software Agents*, Deliverable 1, *Initial Methodology*, Julio 2000 <http://www.eurescom.de/~public-webspace/P900-series/P907/index.htm>
10. Cernuzzi Luca, Tomas Juan, Sterling Leon and Sambonelli Franco: *The GAIA Methodology: Basic concepts and extensions*. 2000.
11. Tomas Juan and Sterling Leon: *The ROADMAP Meta-Model for Intelligent Adaptive Multi-Agent Systems in Open Environments*.
12. Iglesias Fernández, C. A. *Definición de una metodología para el desarrollo de sistemas multiagente*. PhD thesis, Departamento de Ingeniería de Sistemas Telemáticos. Universidad Politécnica de Madrid. 1998.
13. Schreiber, A., Akkermans, J., Anjewierden, A., and et al. (2000). *Engineering of Knowledge and Management: The COMMONKADS Methodology*. MIT Press. 2000.
14. Odell, J., Parunak, H., and Bauer, B.. *Extending UML for gents*. In *Proceedings of the Agent-Oriented Information Systems Workshop*: (2000)
15. Odell, J., Parunak, H., and Bauer, B. (2000). *Representing agent interaction protocols in UML*. In *Proceedings of the AGENTS'2000*, Barcelona, Spain.
16. <http://mai.ei.uvigo.es/isoa/>

La Granja Integral, una Aplicación de Empresa Basada en Conocimientos

Anselmo Vega V.

U. Distrital Fco. José de Caldas, Fac. Ingeniería
Bogotá D.C., Colombia,
avega@udistrital.edu.co

Carlos E. Rojas O.

Granja Integral Cero, Director
Sesquilé, Colombia,
granjacero@hotmail.com

Olga P. Rivera L.

U. Distrital Fco. José de Caldas, Fac. Ingeniería
Bogotá D.C., Colombia,
orivera@udistrital.edu.co

ABSTRACT

The overpopulated world requires a more and more demanding production of alimentary products. The traditional agriculture that uses inputs and material of chemical nature, also that is exploded to great scale, is generating so much negative secondary effects in human health and also being like in the earth.

To achieve the competitiveness in the low market due to globalization environment and also by of free trade agreements, companies have to optimize theirs processes, to apply new technologies and being strategic in managing their resources, to achieve quality standard, especially to complete the ISO 14001 Standar that requires it processes environmentally soported and sustainable. In Colombia, the small property prevails with the rural farm as a source of supply of alimentary products for the own family nucleus.

Starting from this problem you the Granja Experimental Cero is made, located in the municipality of Sesquilé, (situated at Colombia) in which an integrated circular production of organic products is developed for the human consumption, based on a model of Knowledge Based Enterprise, KBE. The Granja Experimental Cero, therefore, is exposed to dynamic processes of agreement according their own experimentation. Permanently they are carried out integration activities so much horizontal, as vertical. The generated knowledge are enriched, documented and stored in the base of knowledge.

Keywords: organic agriculture, CIM, production system, clean technologies, knowledge, intellectual capital, environment, globalization.

RESUMEN

La superpoblación mundial demanda una producción cada vez más exigente de productos alimentarios. La agricultura tradicional que utiliza insumos de naturaleza química, explotada a gran escala, viene generando efectos secundarios negativos tanto en la salud del ser humano como en el suelo.

Para lograr la competitividad en el mercado bajo un entorno de globalización y tratados de libre comercio, las empresas deben optimizar procesos, aplicar tecnologías y ser estratégicos en el manejo de sus recursos, para lograr estándares de calidad, especialmente cumplir con la norma ISO 14001 que exige procesos ambientalmente sostenibles y sustentables. En Colombia, predomina el minifundio con la granja campesina como fuente de autoabastecimiento de artículos alimentarios para el núcleo familiar.

A partir de esta problemática se creó la Granja Experimental Cero, localizada en el municipio de Sesquilé, en la cual se desarrolla una producción circular integrada de productos orgánicos para el consumo humano, basada en un modelo de empresa basada en conocimientos, KBE. La Granja Experimental Cero, por lo tanto, está sujeta a procesos dinámicos de acuerdo con los resultados de la propia experimentación. Permanentemente se realizan actividades de integración tanto horizontal, como vertical. Los conocimientos son enriquecidos, documentados y almacenados en la base de conocimientos.

Palabras claves: agricultura orgánica, CIM, sistema de producción, tecnologías limpias, conocimiento, capital intelectual, entorno, globalización.

1. INTRODUCCION

El abastecimiento de alimentos para la creciente población mundial, es un problema de preocupación general. Los requerimientos de productividad del suelo son cada vez más exigentes y la tecnología desarrollada y aplicada por expertos empieza a pagar un precio ambiental muy alto por los efectos secundarios que se empiezan a vislumbrar y que afectan directamente la salud de los seres humanos[35].

El problema se agudiza con la presión del elevado número de personas, en conjunto con el acelerado consumo de recursos naturales. El ser humano se ha convertido en un depredador oportunista sin visión para el legado que debe dejarle a las futuras generaciones, favoreciendo la degradación del suelo, utilizando incluso sustancias difícilmente degradables[37]. La conciencia ambiental se viene despertando y ya son muchas las personas que trabajan a favor del medio ambiente. A este respecto el Gobierno Colombiano no solo creó el Ministerio del Medio Ambiente sino que es explícito en Políticas medioambientales.

En la agricultura, se refleja este proceso, en la naturaleza de los insumos que se utilizan químicos o biológicos dando lugar a tres agriculturas:

- La agricultura química, que se basa en abono, fungicidas, herbicidas, insecticidas y relacionadas.
- La agricultura limpia, que es una combinación de insumos biológicos y químicos y,
- La agricultura orgánica, en la cual todos sus abonos, fungicidas, herbicidas, insecticidas, son de origen biológico.

Simultáneamente, la globalización y el Tratado de Libre Comercio, TLC, con los EE.UU. y acuerdos con otros países, le exigen a las empresas a ser competitivas, un simple asunto de supervivencia, especialmente en el campo, y en la producción de productos alimentarios.

En Colombia y países similares con vocación agrícola, donde domina el minifundio, se tiene como sistema de producción de alimentos, la huerta campesina o granja, la cual se basa en el autoabastecimiento de artículos alimentarios, de tal forma que solo se adquieren externamente algunos productos.

2. LA GRANJA INTEGRAL A GRAN ESCALA

Partiendo del modelo de granja campesina, en la GRANJA EXPERIMENTAL CERO¹, (Véase ubicación geográfica en la Figura 1), se ha desarrollado un modelo experimental, para atender las necesidades alimentarias de una población mayor, muchas familias.

3. LA PRODUCCION CIRCULAR INTEGRADA

En la agricultura, aproximadamente el 53% de los costos lo componen los insumos (Abono, herbicidas, insecticidas, fungicidas), siendo en la agricultura orgánica, mayores. El objetivo central de la GRANJA EXPERIMENTAL CERO, es la producción de alimentos orgánicos, que se traduce en un proceso de agricultura orgánica, utilizando como insumo, abono orgánico (HUMUS), líquido o sólido según el caso, esto se hace mediante la lombricultura.

El insumo para la lombricultura, es la conejaza, (estiércol del conejo), y en algunos casos, el compox, también denominado vulgarmente como “abono pobre”. El compox es abono orgánico (animal o vegetal), sometido a altas temperaturas (aproximadamente a 80°C) y con un proceso para controlar o neutralizar la acidez (pH neutro, 6-7), mediante la aplicación de cal, melaza riego y

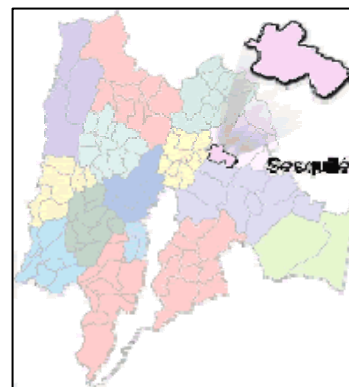


Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Sesquillé, en el Departamento de Cundinamarca. **Fuente:** www.cundinamarca.gov.co/cundinamarca/municipios

oxigenación; para completar el proceso se ha introducido la cunicultura, colocando las jaulas de los conejos, encima de las camas de lombriz, para que los excrementos y orín del conejo caigan directamente teniendo cuidado con el control de olores.

Los conejos se alimentan con forraje, producido por el mismo sistema, y concentrado, el que debe tener una dosificación adecuada para controlar su crecimiento y optimizar los costos de producción. El agua debe suministrarse con sumo cuidado para garantizar su limpieza y evitar un potencial foco de contaminación que puede llegar a ser fatal para toda la conejera.

La Granja Experimental Cero, ha identificado las siguientes líneas estratégicas para el autoabastecimiento:

- Producción de abonos (Compos, humus sólido, humus líquido)
- Producción de plántulas (Semilleros y postsemilleros)
- Producción de elementos para el control fitosanitario (Herbicidas, funguicidas, insecticidas de carácter biodegradable, ej. Manzanilla, hidrolato de ají, hidrolato de ajo, etc.)
- Producción de forrajes, para la alimentación de la cunicultura.
- Producción de pies de cría (Lombricultura, cunicultura).

En una producción orgánica, se propende por el desarrollo sostenible y sustentable, de acuerdo con la norma ISO 14001. Implementando una producción circular integrada, con un enfoque sistémico, en donde las entradas al sistema son los insumos, que son productos de la misma finca, convertidos en hidrolatos y glucolatos, a partir de la caléndula, ají, ajo y otros.

La misma finca produce forrajes, para alimentación de los conejos, y finalmente se producen los alimentos orgánicos para el consumo humano, en la Figura No. 2, se muestra el proceso de la PRODUCCIÓN CIRCULAR INTEGRADA.

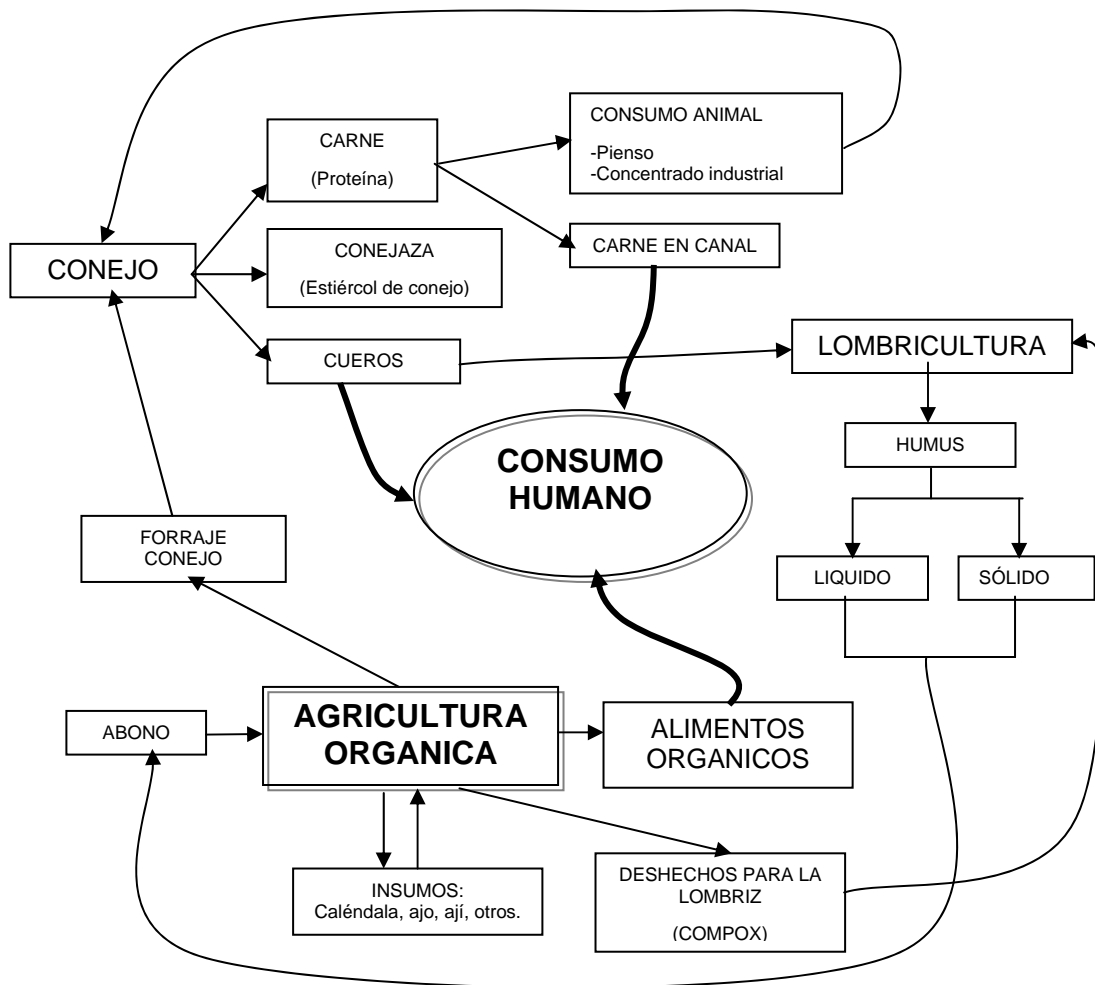


Figura No. 2. PRODUCCION CIRCULAR INTEGRADA

4. ESTANDARES DE MANUFACTURA

Como todo proceso industrial, la granja requiere establecer procedimientos que le permitan trabajar de manera ordenada utilizando métodos manuales, automáticos o semiautomáticos con la ayuda del computador, elaborando procedimientos estandarizados, haciendo interconexión entre los diferentes sistemas y desarrollando integración horizontal y vertical.

Otro elemento importante, no solo en el producto, sino también en el proceso, especialmente en el manejo del personal, con un enfoque orientado al cliente, con una organización heterocrática, al estilo de KAIZEN y una dirección, como la de una orquesta de JAZZ.

Los sistemas de producción

En algunos casos, la automatización[30] va a la vanguardia del desarrollo tecnológico y en otros, la sistematización. Los japoneses, a partir de Deming y Juran, crearon la filosofía de KAIZEN, en Colombia, en 1987, Campo Elías Bernal en la Junta del Acuerdo de Cartagena, introdujo los primeros conceptos de CIM, que involucra CAD/CAM, CAE, CAPP, para industrias manufactureras de proceso discreto, utilizando CN, CNC o DNC o ROBOTS.

5. EL MODELO CIM

Los primeros modelos de CIM (Computer Integrated Manufacturing), integraban ingeniería y producción por medio de tecnologías de CAD, CAM, CAPP, CAE, teniendo como consecuencias que no lo extiende a todas las áreas de la empresa[3].

En este modelo, la empresa se divide en cuatro (4) grandes áreas, ADMINISTRACIÓN, PLANEACION, INGENIERIA Y PRODUCCIÓN, teniendo un lazo común, una base de datos única, conectada por medio de líneas de comunicación, la organización era jerárquica, y manejaba solo información.

Aunque en este modelo resuelve el problema de la integración, no resuelve el problema del conocimiento en la organización, y trata la organización de manera jerárquica.

El modelo CIM. Este modelo, integra las áreas de la empresa, con varias tecnologías, una base de datos común y diferentes interfaces por medio de comunicaciones. El manejo es solo de información, más no de conocimientos.

6. EL CONOCIMIENTO

El proceso de razonamiento humano se construye apoyado por conocimientos primarios, que con los conocimientos adquiridos generan nuevo conocimiento y un ambiente de inteligencia.

Los datos son estructurados para apoyar el procesamiento de conocimientos, dando lugar a más conocimientos y a un ambiente intelectualmente más exigente.

Este proceso sucede una y otra vez, para finalmente constituirse en sabiduría que es la inteligencia que trasciende. Esto es lo que constituye, la pirámide del conocimiento mostrado en la figura 4.

Los aportes importantes de este concepto, han sido elaborados con base en los argumentos de PETER DRUCKER[8], con las características de Liderazgo, capital intelectual, neoliberalismo y la integración, como un enfoque neoclásico, pero con los grandes aportes del

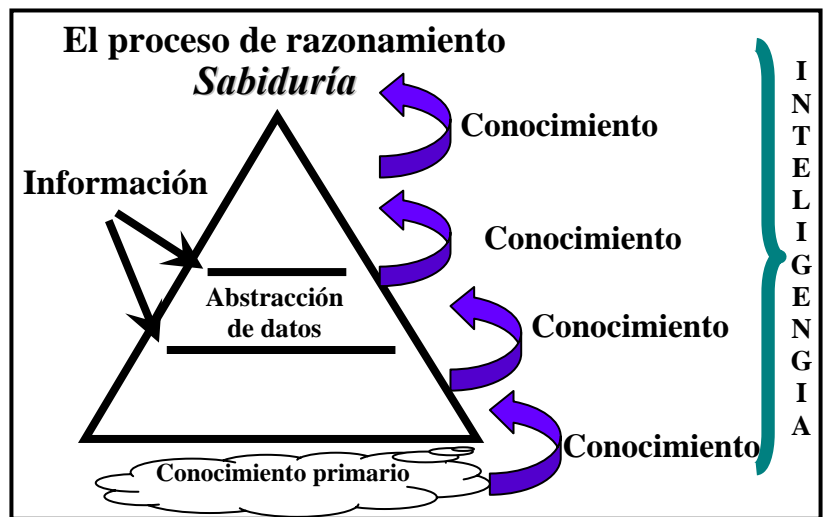


Figura No. 4. El proceso de razonamiento.

enfoque sistémico. Igualmente, Isaka Imai, partiendo en 1954, de los aportes de Demming y Juran, configura el KAIZEN[19], en cuanto a Mejora Continua, calidad y productividad. El capital intelectual está dado por la figura No. 5.

En donde el capital intelectual se divide en capital humano, que es el hombre, en cuanto a ser inteligente, el capital estructural, que son los demás “recursos”, tanto físico, como financiero, etc. y el capital relacional, que relaciona los otros capitales. El activo más importante de la empresa, es el *conocimiento*[15].

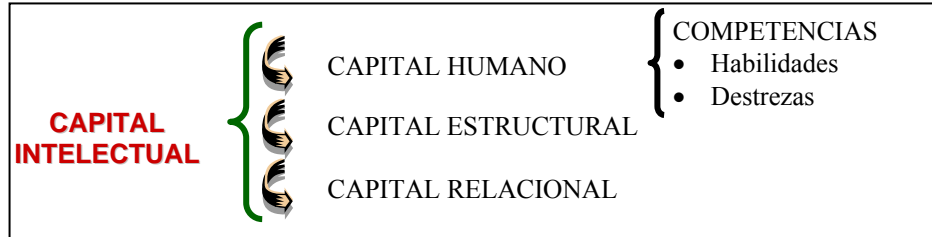


Figura No. 5. Los componentes del capital intelectual.

7. LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

los sistemas de producción han evolucionado en el tiempo, orientados por las diferentes escuelas y filosofías, especialmente las administrativas, partiendo desde los sistemas de gestión de producción manual, luego los EOQ, o el de la cantidad económica a pedir, MRP, MRPII, justo a tiempo (JIT), teoría de las restricciones (TOC), manufactura integrada por computador (CIM), planeación de recursos empresariales (ERP), hasta lo que se concibe como empresa basada en conocimientos (KBE), considerada esta última como una un sistema dinámico y abierto para la toma de decisiones empresariales. Véase la Figura No. 6.

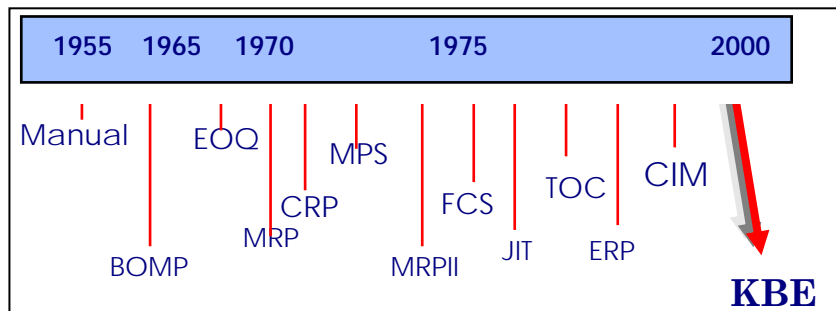


Figura No. 6. Los sistemas de producción a través del tiempo

El modelo de empresa basada en conocimientos KBE

El modelo KBE, fue propuesto para darle solución a estos problemas y, agrupa las diferentes tecnologías blandas y duras, con una integración total y racional[27]; utiliza varias tecnologías de sistematización y automatización, a la luz de KAIZEN, usa los diferentes sistemas de producción, sin importar el grado de desarrollo tecnológico, los procesos y procedimientos, con miras de la orientación al cliente y en función de la productividad y la calidad (calidad total).

Este modelo, mostrado en la Figura 7, se fundamenta en una base de conocimientos, que contiene:

- **La librería tecnológica**, en donde se almacena, todo el acervo tecnológico recogido durante varios años de investigación y pruebas, en cuanto a agricultura orgánica, cunicultura, lombricultura, principalmente.
- Las **memorias, las experiencias, los procesos y procedimientos**, recogidos.
- El **modelo del producto** o productos, y subproductos.
- El **modelo de la empresa**, su forma organizativa, sus políticas, los socios.

- Una gran bodega de datos o **DATAWAREHOUSE**, que se coleccionan todos los datos de la empresa.

Esta base de conocimientos, similar a CIM, tiene una interfaz con las diferentes áreas organizacionales de la empresa, cuyo modelo es heterocrático y basado en el CAPITAL INTELECTUAL de Peter Drucker, sobre la base de liderazgo, y los subsistemas propuestos por José Antonio Domínguez Machuca[7], estas son:

- Subsistema de Dirección y Gestión
- Subsistema de Recursos Humanos
- Subsistema Financiero
- Subsistema de Operaciones
- Subsistema Comercial

Para el mercado, los proveedores externos y las reglamentaciones gubernamentales, se definió el MODELO DEL ENTORNO, como un modelo especial de comercialización, diferente a los modelos construidos con anterioridad.

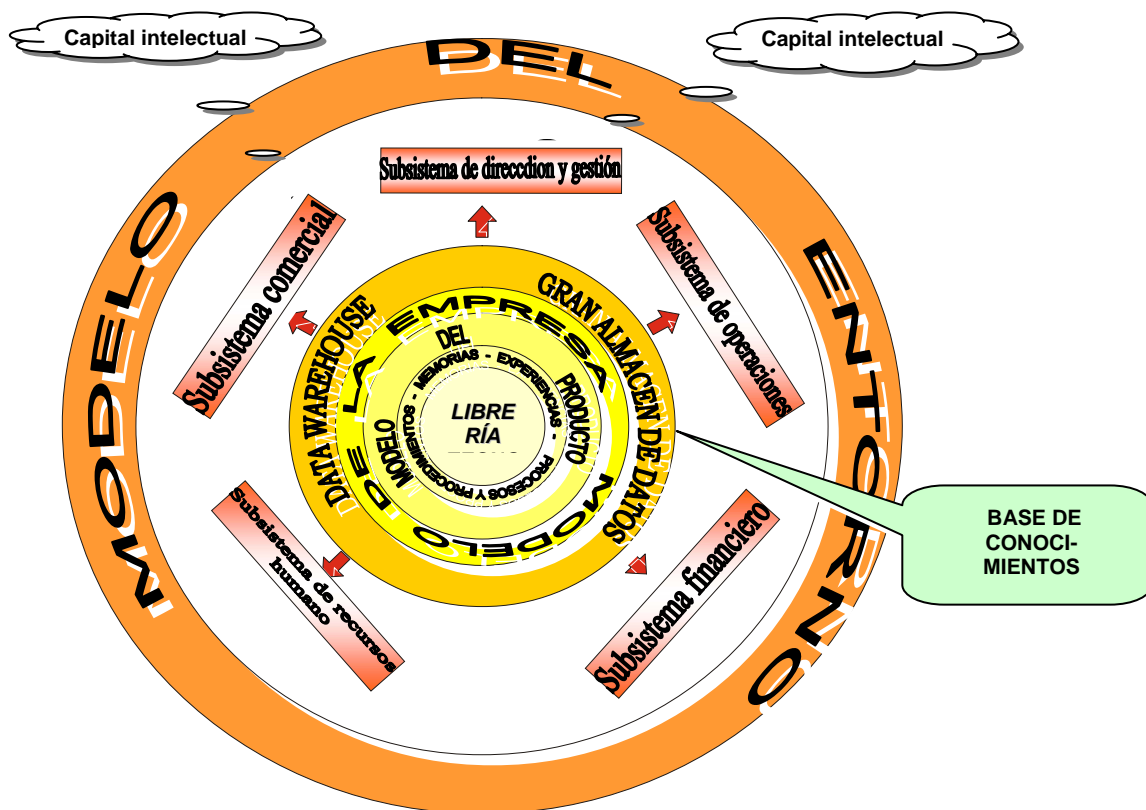


Figura No. 7. Modelo de Empresa Basada en Conocimientos KBE.

8. APLICACIÓN DEL MODELO EN LA GRANJA

En la granja, debido a su complejidad y a lo novedoso del sistema, requiere la aplicación del modelo en todos los aspectos, pero principalmente en la sistematización, en la automatización y en las relaciones de producción, posibilitando la creación de una bodega de datos o DATAWAREHOUSE[26], al igual que los diferentes modelos tanto de producción como del entorno, en cuanto a la regulación gubernamental, las relaciones con el mundo, y la llegada de

los productos al consumidor final, que se debe garantizar, que estos productos producidos, se consuman, sin quedar excedentes de producción, en forma de deshechos, en cuyo caso deberán ser reprocesados de acuerdo con la filosofía.

Sistematización

En la granja, las actividades claves a ser procesadas son:

Para agricultura: determinación de los tiempos en semilleros, postsemilleros y trasplantes, los tiempos de desyerbe y “aporque”, las fechas de fumigación y preventivos, las fechas de elaboración de insumos de control biológico y el control de índices de producción por producto.

Para la cunicultura: sistematizar fechas de monta, de palpo y remonta, programación de nidada y partos, programación de sacrificios, control de índices de conversión, control veterinario y zootécnico y control sanitario-ambiental.

En la lombricultura, se requiere poner especial atención a las siguientes variables: Control de alimentación y de biomasa: lombriz, bacterias (miorrisa), hongos, etc., programación de desdobles (crecimiento), programación del trapeo (extracción de humus), mantenimiento, sacrificio y producción de harina de lombriz.

En la GRANJA EXPERIMENTAL CERO se siembra en forma asociada (con alelopatía[37]), y entre malezas, esto implica, producción de:

- Hortalizas: coliflor, brócoli, lechuga, acelga, espinaca, entre otros.
- Forrajes: trébol, carretón, alfalfa, quinina, entre otros.
- Cereales: Fríjol, maíz, habas, entre otros.
- Flores: Gladiolo, astromelia, rosa, estrella belén, cartucho, etc.,

Siendo aproximadamente 40 productos, el número de usuarios en la actualidad es de alrededor de cincuenta, con un límite propuesto de 5000.

Debido a la diversidad de productos, y el tipo de siembra alelopática, el sistema de tractoreo tradicional no funciona, entonces se utiliza arado de tracción animal, arados de cincel y mano de obra intensiva y la fumigación es totalmente de carácter preventivo. Para la utilización de tractor, se hace necesario, hacer modificaciones a este, debido a que los discos, con los que normalmente trabajan los tractores le dan vuelta a la tierra, dando como resultado el exterminio de las bacterias aeróbicas y anaeróbicas, necesarias para la agricultura orgánica.

En cunicultura, subproductos como cueros y patas son mandados a procesar (curtir) a terceros especializados.

La tecnología utilizada para este sistema es el almacenamiento en la bodega de datos (DATAWAREHOUSE), para almacenar tanto los datos como los conocimientos. Los equipos serán microcomputadores conectados en red y con comunicaciones tanto a Bogotá, como en la misma finca (Integración horizontal), y a los sistemas de automatización, con el uso de buses de campo (Integración vertical).

Automatización.

Los procesos más importantes de automatizar debido al tiempo, en cada una de las áreas, son:

- Lombricultura: riego, concentración de ácidos y trapeo.
- Agricultura: riego, plántulas y fumigación, desyerbe, aporques y encanastados.
- Cunicultura: postura de agua (chupos para bebederos), corte de forrajes, sacrificio.

Para cada proceso, se tiene un sistema de automatización diferente, y se hace con una integración horizontal, con la utilización de microcontroladores y computadores industriales, con la utilización de redes industriales, mas exactamente, buses de campo (fieldbus), con comunicaciones al área de oficina para su integración vertical..

En todos estos procesos, se requiere, almacenar los conocimientos en la base de conocimientos y tecnológicamente se requieren líneas de comunicación tanto industriales como de oficina, y estos serán de manera integrada, tanto en la oficina como en la producción.

REFERENCIAS

1. Aardal, M. "A model of CIM". Austin TX. IEEE/SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference. 1995
2. BESSAST, J. Trends and perspectives in the development and diffusion of CIM. Computer Integrated Manufacturing. 1990
3. BERNAL, Campo Elías. Innovación, Junta de Acuerdo de Cartagena. Lima. Noviembre de 1987.
4. BUCKEN, M. "Data Warehousing Deserves Better". Computer Magazine Editorial. Dec. 1995
5. CIM. Europe Conference. Computer Integrated Manufacturing. Esprit 17-19 de mayo 1989. Edited by C. Halatsis and J. Torres. Its publications (Springer)
6. Computer Integrated Manufacturing. Esprit. Mayo 1986.
7. DOMÍNGUEZ MACHUCA, José A. Dirección de operaciones. Aspectos Estratégicos en la Producción y los Servicios. Mc.GRAW-HILL. Interamericana de España. 1995.
8. DRUCKER, Peter. La administración. La organización basada en la información. La economía. La sociedad. Ed. Norma.
9. FRANCO, Jean Michael. El Data Warehouse, El Data Mining. Institut Prometheus. Ediciones Gestión 2000, S.A. Barcelona 1997.
10. GONZALEZ, Carlos. ISO 9000/QS9000/ISO 14000. Ed. McGraw-Hill.
11. GILL, H. And RAO R. Data Warehousing, la integración de la información para la toma de decisiones. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. 1996
12. GROOVER, Mikell P. Y WEISS, Mitchell. "Robótica Industrial, Tecnología, Programación y Aplicaciones". McGraw-Hill. 1990.
13. J. M. Juran. S.M. Sheila. Análisis y Planeación de Calidad. Ed. McGraw Hill.
14. KIM "Manufactura Integrada por Computadora". 1996. IEEE
15. MACINTOSH, Ann "Position Paper on Knowledge Management" Artificial Intelligence Applications Institute, University of Edinburgh, Marzo, 1997.
16. MARTIN JAMES. Information Engineering, Prentice Hall, 1989
17. MARTIN James/ODELL James - L. Análisis y Diseño Orientado a Objetos. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. 1994
18. MASAAKI, Imai, "KAIZEN, la llave del éxito japonés editorial? Fecha?
19. MASAAKI, Imai. Kaizen. La Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa. Ed. CECSA.
20. MASAAKI, Imai. Kaizen. Cómo implementar Kaizen en el sitio de trabajo. Ed. McGraw-Hill.
21. PÉREZ GAMA, Alfonso. Planeación Estratégica de Sistemas de Información.-CD Courseware. Post-grado de Ingeniería de software. U.D. 2002. Bogotá.
22. PORRAS, A. Y MONTANERO, A.P. "Autómatas programables. McGraw-Hill. 1990.
23. SANOFF, Poilevey D. Integrated Scheduling and control of Manufacturing Cell. Computer Integrated Manufacturing. Mayo, 1990
24. SCHALKOFF, Robert. Artificial Intelligence: an Engineering Approach. New York: McGraw-Hill, 1990.
25. SCHROEDER, R.G. Administración de operaciones. Mc Graw-Hill. 3ra Edición. 1992

26. T. Takahashi (Editor). Automation in Warehousing. Proceedings of the 8th Int. Conf. Tokyo, 1992
27. The European approach to "Open System Architecture" for CIM. T. Klevers.WZZ. Aachen University, West Germany. P119.PROYECTO ESPRIT. 1989.
28. VEGA VEGA, Anselmo. "Automatización de procesos de ingeniería bajo concepto CIM". Universidad de los Andes. 1993.
29. VEGA VEGA, Anselmo. Línea de Investigación "Implantación de Nuevas Tecnologías Basadas en Conocimientos en la Industria Colombiana" 1997.
30. VEGA VEGA, Anselmo. "KBE en la Sociedad del Conocimiento". UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS. 2000.
31. VEGA VEGA, Anselmo. Problemas de la Ciencia y la Tecnología en el "Diseño de un Estándar de Manufactura para la Interfaz entre piso y sistema de producción" UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS..
32. [www.fi.udc.es/docencia/asig/EC ii.html](http://www.fi.udc.es/docencia/asig/EC%20ii.html)
33. www.fcee.ulpgc.es/Acede98/acede/mesa11/11_02c.html
34. www.bulltek.com/Spanish_Site/ISO14000INTRODUCCION/ISO%2014000%20Documentacion_Spanis/iso14000_documentacion_spanish.html
35. www.cesmec.cl/noticias/Calidad/14000.act
36. www.cundinamarca.gov.co/cundinamarca/municipios/frm_municipio.asp?codigo=82
37. www.biologia.edu.ar/plantas/alelopatia.htm#_1._Concepto_y_1

Generación de Mapas de Conocimiento Organizacionales a partir de instancias de procesos basadas en el Lenguaje de Ejecución de Procesos de Negocios (BPEL).

Valeria Martínez

Universidad Católica del Uruguay, Facultad de Ingeniería y Tecnologías.
Montevideo, Uruguay, 11600.
vamartin@adinet.com.uy

Juan J. Moreno.

Universidad Pontificia de Salamanca, Campus de Madrid, Facultad de Informática, Madrid, España, 28220
Universidad Católica del Uruguay, Facultad de Ingeniería y Tecnologías.
Montevideo, Uruguay, 11600.
jmoreno@ucu.edu.uy

Rafael Novales

Universidad Católica del Uruguay, Facultad de Ingeniería y Tecnologías.
Montevideo, Uruguay, 11600.
rnoval@ucu.edu.uy

Luis Joyanes Aguilar.

Universidad Pontificia de Salamanca, Campus de Madrid, Facultad de Informática, Madrid, España, 28220
ljoyanes@fpablovi.org

ABSTRACT

The objective of this work is to extract knowledge from the business process of an organization, in order to construct its Knowledge Map and to recommend the most suitable participant to perform an activity into a determined pattern. With this purpose, the participants that perform successfully an activity will be analyzed and their skills will be processed. These skills will be considered as the skills needed to perform successfully the activity. The Knowledge Map will consist in the set of the skills mentioned previously, related by their similarity. Finally, this work assumes that the business processes are implemented with BPMS (Business Process Management System) technologies and Web Services.

Keywords: Business Process, Knowledge Map, BPMS

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es extraer información de los procesos de negocio de una organización, para poder crear el mapa de conocimiento organizacional y recomendar el participante idóneo dada una actividad y patrón. Para ello, se analizarán los participantes que desempeñaron exitosamente dicha actividad, procesando las habilidades que poseen los mismos. Dichas habilidades se considerarán como habilidades necesarias para poder desempeñar exitosamente la actividad. El Mapa de Conocimiento consistirá en el conjunto de habilidades mencionadas en el punto anterior, relacionadas mediante la similitud que existe entre ellas. Finalmente, el estudio asume que los procesos de negocio están implementados con tecnologías de BPMS (Business Process Management System) y Web Services.

Palabras claves: Procesos de Negocio, Mapa de Conocimiento, BPMS

PLANTEO DEL PROBLEMA

El problema de estudio planteado en este artículo, trata la gestión de los mapas de conocimiento organizacionales para poder facilitar información que nos ayude a responder la pregunta de quién es el participante ideal dada una actividad X. Se persigue el objetivo de encontrar y validar la forma de extraer, representar y modelar el conocimiento que pueda existir en los procesos de negocios para poder incluirlos dentro del mapa de conocimiento organizacional. En un segundo lugar, el objetivo más específico referente a los mapas organizacionales consiste en obtener lineamientos prácticos para la construcción de mapas de conocimiento capaces de ser implementados en un motor de BPMS (dentro de un entorno de Web Services). De esta manera, se proponen modelos de representación de los mapas, así como también formas de facilitar la distribución del conocimiento referente a los mapas de toda la organización.

MODELO PROPUESTO

Visión General Del Modelo

En todo proceso de negocios existen actividades y participantes que podrían ser expertos internos o externos a la organización, quienes valiéndose de sus habilidades y experiencia desarrollan una actividad o varias dentro de dicho proceso. Por otro lado, el contexto y las características de la actividad que se esté desarrollando, puede influir drásticamente en el desempeño de un participante. Podríamos denominar dichas características como un “patrón” de la actividad. Un patrón podría definirse como un conjunto de valores que toman las variables de interés determinadas por el negocio que se quiera modelar y un camino o decisión a seguir basándose en dichas características [1]. A modo de ejemplo, si consideramos el proceso de negocios “Otorgar un Crédito” podríamos definir las siguientes variables de interés: monto del crédito, sueldo y edad del solicitante, los patrones de éste proceso, serían los valores que toman dichas variables y las recomendaciones de otorgar el crédito o denegarlo.

Para determinar el participante ideal diremos, que el mismo es aquella persona que dada la actividad y un patrón de la misma, posea las habilidades requeridas. El conjunto de habilidades requeridas para una actividad y patrón, estará definido por la unión de las habilidades que poseen las personas que han desempeñado dicha actividad y patrón exitosamente; ordenadas por la importancia o peso que las mismas tienen en dicha actividad.

Con respecto al Mapa de Conocimiento Organizacional, el mismo estará compuesto por todo aquel conocimiento útil a la organización. Dicho conocimiento útil se puede descubrir investigando las habilidades requeridas por las actividades, ya que como se explicó anteriormente, dichas habilidades se obtuvieron de participantes exitosos desarrollando su trabajo. Por lo tanto, el conocimiento utilizado por los mismos es conocimiento valioso para la organización.

La estructura del Mapa de Conocimiento Organizacional estará basada en el modelo de Redes Semánticas. Dicho modelo propone representar el conocimiento mediante un grafo en el que los nodos representan el conocimiento (habilidades) y los arcos representan relaciones (es-un, compuesto por, etc.) entre nodos. En nuestro caso de estudio, las relaciones mostrarán que similitud y cercanía tiene una habilidad con otra.

Con respecto al Mapa de Conocimiento, manejaremos el concepto de “Participante Sustituto”, es decir, si un participante para una actividad y patrón cumple con el conjunto de habilidades sugeridas pero el mismo no se encuentra disponible, será posible que el sistema recomiende a otro participante que posea las habilidades más relacionadas a las necesitadas.

Estructura Funcional del modelo

El modelo consta de tres componentes bien definidos:

- Detectar Habilidades Requeridas. Consiste en analizar las instancias de proceso evaluadas satisfactoriamente por un experto, para luego extraer de los participantes que ejecutaron dichas actividades, las habilidades que poseen los mismos. Dichas habilidades serán agregadas a la lista de habilidades requeridas de cada actividad.
- Actualizar el Mapa de Conocimiento Organizacional. Consiste básicamente en agregar al Mapa de Conocimiento, aquellas habilidades nuevas que se hayan encontrado en la función mencionada anteriormente, y en reforzar la similitud de habilidades para aquellas habilidades que aparezcan juntas.

- Encontrar el participante ideal dada una actividad y patrón. Consiste en encontrar un conjunto de participantes, que posean la mayor cantidad de habilidades requeridas (encontradas por la función “Detección de Habilidades Requeridas”) y a cada participante asignarle un puntaje. El puntaje será dependiente de: la importancia en la actividad de las habilidades que posea, la experiencia que posee el participante desempeñando dicha habilidad y la experiencia que posea el participante desempeñando dicha actividad del proceso de negocio.

Estos tres componentes del modelo, se agrupan en dos etapas:

- Recomendación
- Retroalimentación o feedback

Como se ve en la Ilustración 1, encontramos las etapas de recomendación del participante ideal y de feedback o retroalimentación del proceso por parte del experto. En la etapa de retroalimentación se ejecutan los procesos de ajuste de las Habilidades requeridas y del Mapa de Conocimiento.

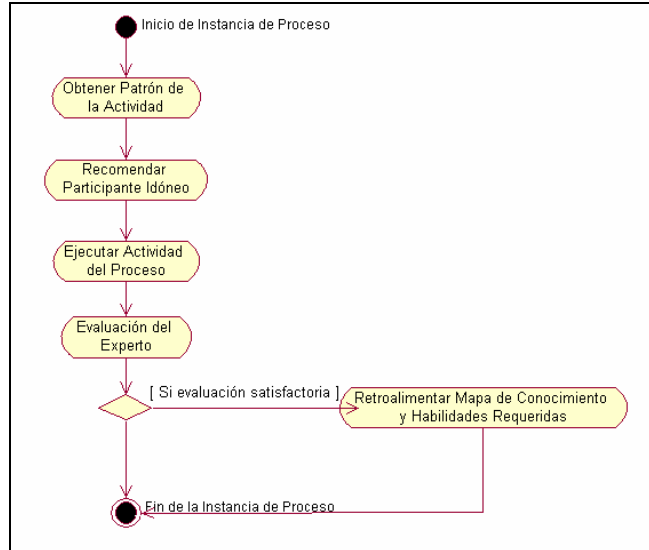


Ilustración 4: Diagrama de Actividades del Modelo Propuesto

Alcance del Tipo de Actividades a ser recomendadas

Nuestro modelo está orientado a recomendar un participante dentro de la toma de decisión: “selección de un participante para desempeñar una actividad del proceso de negocio”. Es decir, siempre que en el proceso de negocio se deba de asignar una tarea a un participante, nuestro modelo será útil en brindar dicha recomendación al usuario. Cabe acotar que, este modelo se orienta a la recomendación de un participante que deba desarrollar una tarea que requiera ciertas habilidades o conocimientos.

Interfaces del modelo propuesto

A continuación, mostramos las interfaces con las que interactúa directa o indirectamente el modelo propuesto.

Interfaz definida por Gastón Martirena

Esta interfaz definida en [3] se encarga de brindar la función de similitud, para comparar casos y crear patrones en caso de ser necesario. Es una interfaz que no utiliza este modelo directamente, sino que es accedida por la interfaz definida en [1] para crear nuevos patrones o reforzar los existentes.

Interfaz definida por Juan Buonafina

Esta interfaz definida en [1] permite la gestión de los casos y patrones en el sistema. La interfaz brinda una recomendación al usuario sobre qué camino o decisión tomar, dada una actividad del proceso de negocio. Por otro lado, el presente modelo accede a dicha interfaz para obtener el ID de patrón al que pertenece un caso.

Interfaz definida por Valeria Martínez

Esta interfaz, es utilizada por el usuario, al que se le brinda una recomendación del participante ideal, dada una actividad y patrón. El patrón se obtiene accediendo a la interfaz provista en [1], mencionada en el punto anterior.

Aspectos clave de los principales componentes o módulos

Habilidades Requeridas

Para encontrar las Habilidades Requeridas dada una actividad y patrón, se propone tomar un conjunto de instancias del proceso y procesarlas agrupándolas por patrón, actividad y participantes. Para el conjunto de participantes que hayan intervenido en dicha actividad y patrón se analizan las habilidades de los mismos.

Para cada habilidad de los participantes se buscará si ya no se tiene registro de la misma, es decir, si dicha habilidad pertenece también a otro participante que ha desempeñado con éxito la misma actividad y dentro del mismo patrón. En caso de encontrarse dicha habilidad bajo las características anteriormente mencionadas, se aumentará un contador de apariciones para dicha habilidad, es decir se incrementará un contador con la cantidad de apariciones de la tupla (patrón, actividad, habilidad).

Al finalizar el proceso se tendrá para cada conjunto (actividad, patrón) el conjunto de habilidades con un contador que indica la cantidad de apariciones de cada habilidad en los participantes estudiados.

Actividad: Verificar datos de cliente	Patrón: Edad = 18 >X <= 25 Monto = 5000 > Y <= 8000 Salario = 5000 >Z <=7000		
Habilidad 1 Apariciones = 3	Habilidad 2 Apariciones = 2	Habilidad 3 Apariciones = 1	Habilidad 4 Apariciones = 4

Ilustración 5: Resultados del Proceso "Habilidades Requeridas"

Otro aspecto importante es que las habilidades estudiadas son aquellas que se consideren de carácter no organizacional.

Mapa de Conocimiento

El Mapa de Conocimiento Organizacional tendrá como fuente de entrada las habilidades encontradas por el proceso "Detección de Habilidades Requeridas". Para cada uno de los participantes, el proceso "Generación del Mapa de Conocimiento" actualizará la similitud de habilidades.

Al ejecutarse el proceso "Generación del Mapa de Conocimiento" se insertará o modificará en la tabla "Mapa de Conocimiento" la combinación de todas las habilidades de los participantes analizados, inicializando el atributo "Semejanza" con el valor 1 en caso de que alguna combinación de habilidades no exista o en caso contrario, incrementando el atributo "Semejanza" para reforzar la similitud de las habilidades.

A modo de ejemplo, supongamos que durante la ejecución del proceso "Detección de Habilidades Requeridas" para la actividad X y patrón Y, se encuentra que uno de los participantes exitosos posee las siguientes habilidades: H1, H2 y H3. El Mapa de Conocimiento representará este hecho de la siguiente manera (Ilustración 3).

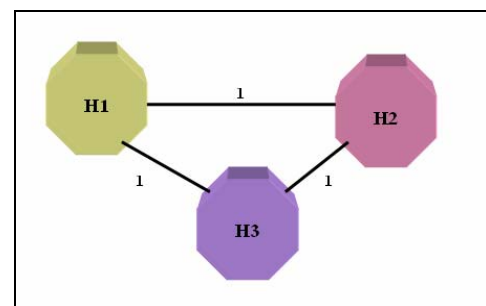


Ilustración 6: Mapa de Conocimiento Inicial

Continuando con el ejemplo, supongamos que otro

participante, pudiendo participar en otra actividad, posee las siguientes habilidades: H1, H2, y H4. El Mapa de Conocimiento representará este hecho (Ilustración 4)

Cabe destacar que si un participante ya fue analizado y desde la última ejecución del proceso “Generación del Mapa de Conocimiento” no posee ninguna nueva habilidad, no será evaluado nuevamente para obtener la similitud de habilidades en el Mapa de Conocimiento. De todas maneras, si será evaluado en el proceso de “Detección de Habilidades Requeridas”. Al hacer esto, evitamos el error de concluir que dos habilidades son muy similares, al estudiar al mismo participante con las mismas habilidades.

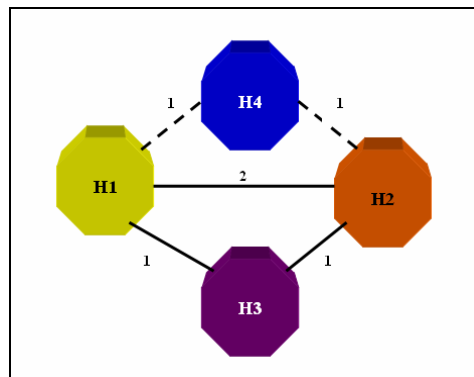


Ilustración 7: Mapa de Conocimiento luego de la evaluación de un nuevo participante

“Obtención del Participante Ideal”

A continuación se describirá la forma en la que se seleccionará el participante ideal dada una actividad y patrón.

La misma consiste en seleccionar a todos los participantes que poseen las habilidades requeridas de la actividad y patrón, y asignarles un puntaje como se indica a continuación:

$$Puntaje = \sum importanciaHab * (expParticipanteActividad + expHabilidad)^{46}$$

Como se acaba de mostrar, el puntaje que un participante posee por habilidad, es igual a la importancia de la habilidad en la actividad y patrón, multiplicado por la suma de la experiencia que el participante posee desarrollando dicha actividad y la experiencia del participante sobre la habilidad requerida. Finalmente, el puntaje final de un participante es igual a la sumatoria de todos los puntajes obtenidos en las habilidades requeridas que posee.

El peso de importancia de una habilidad dada una actividad y patrón, será igual al atributo “apariciones” de dicha habilidad sobre la suma de los atributos “apariciones” de todas las habilidades requeridas para la actividad y patrón.

$$Peso = \frac{AparicionesDeHabilidad}{\sum AparicionesDeHabilidadesRequeridas}^{47}$$

Selección de Participantes Sustitutos

Los participantes “Sustitutos” son aquellos participantes que poseen las habilidades más relacionadas a cada una de las habilidades requeridas. Para esto, del conjunto de habilidades requeridas se obtendrán las habilidades del Mapa de Conocimiento, con mayor valor en el atributo “Semejanza”. Luego se buscarán todos los participantes que poseen alguna de dichas habilidades. Es preciso aclarar también que, las habilidades seleccionadas, heredan el peso de importancia para la actividad y patrón de la habilidad original.

El algoritmo para calcular el participante sustituto es el mismo que para calcular el participante ideal, excepto que el conjunto de habilidades requeridas cambia. Como consecuencia de esto, el puntaje que obtendrá el participante sustituto

⁴⁶ importanciaHab es la Importancia de la habilidad en la actividad y patrón. expParticipanteActividad el número de veces que el participante desarrolló la actividad. expHabilidad es la experiencia del participante en la habilidad.

⁴⁷ AparicionesDeHabilidad, es el número de veces que se encontraron participantes con la habilidad en cuestión, desarrollando exitosamente dicha actividad y patrón. AparicionesDeHabilidadesRequeridas, es la suma de las apariciones de todas las habilidades requeridas para la actividad y patrón en cuestión.

se calculará de la misma forma que la del participante ideal.

VALIDEZ DEL MODELO

Para comprobar la validez del modelo, ejecutaremos el sistema usando un Prototipo el cual implementa el proceso de negocio de “Otorgar o Conceder un crédito”. Cabe destacar que el si bien el prototipo utilizado describe un proceso de negocio para conceder créditos, en nuestro caso, al construir una solución genérica, debemos de ignorar ese contexto y pensar en dicho proceso como un conjunto de actividades desempeñadas por participantes de la organización.

Para evaluar el modelo dividiremos las pruebas en dos etapas:

- Evaluación del modelo para encontrar las habilidades requeridas y recomendar el participante idóneo.
- Evaluación del modelo sobre las habilidades y semejanza entre ellas, implantadas mediante el Mapa de Conocimiento.

Habilidades Requeridas

En esta etapa de evaluación, trataremos de probar si el modelo responde de la manera esperada, es decir, que el conjunto de habilidades requeridas de una actividad, está relacionado directamente al conocimiento aportado por todos los participantes que la desempeñaron exitosamente.

Para ello, partiremos de los datos reales brindados por una organización del mercado, la cual por razones de anonimato denominaremos de aquí en adelante la empresa X. La empresa X, nos brindó el conjunto de competencias técnicas para cada uno de los cargos utilizados en su departamento de Sistemas.

Supondremos que la actividad a ser estudiada, es aquella que está desarrollada por el cargo “Analista Senior” de la empresa X. Es decir, supondremos que en el proceso de conceder un crédito, existe una actividad que requiere ser desempeñada por una persona del departamento de Sistemas bajo un determinado patrón. Según la experiencia de la empresa X, las competencias requeridas son:

- Analista en Informática
- Conocimientos en Genexus
- Ingeniería de Software
- Redes
- Base de datos
- Inglés

La prueba consistirá en correr casos de prueba, en la que el experto premie a los procesos que poseen el conjunto de dichas habilidades siguiendo el siguiente criterio: si el participante posee la habilidad “Ingeniería en Informática” entonces evaluaremos como exitoso al proceso. La preparación del caso de prueba consiste, en primer lugar, en tener varios participantes (ficticios) ingresados en el sistema y con habilidades ingresadas. A continuación, en la Tabla 1, mostramos los participantes utilizados.

Participante	Habilidades del participante	Nº de Ejecuciones exitosas
Ana Pérez	Ingeniería en Informática Genexus Inglés Ingeniería de Software	5
Melina González	Ingeniería en Informática Genexus Ingeniería de Software	3
Andrea Rodríguez	Ingeniería en Informática Genexus Redes	2

Martín Pérez	Redes Internet Java	0
Juan Gómez	Proyect Manager	0
Miguel Rodríguez	Contador Público	0
Ángel González	Ingeniería en Informática	1

Tabla 3: Validez del Modelo - "Habilidades Requeridas"

Luego de ingresar el mencionado conjunto de datos de prueba, ejecutado el flujo del proceso de negocio del prototipo y evaluado los procesos, el conjunto resultado de habilidades requeridas para la actividad es el presentado en la Tabla 4

ID_PATRON	ID_ACTIVIDAD	HABILIDAD	APARICIONES
3	24	Ingeniería en Informática	11
3	24	Genexus	10
3	24	Ingles	5
3	24	Ingeniería de Software	8
3	24	Redes	2

Tabla 4: Resultados Validez del Modelo - "Habilidades Requeridas"

Al ejecutar un proceso en el que dicha actividad caiga dentro del mismo patrón, veremos cómo el sistema recomienda al participante ideal y al sustituto. En el siguiente ejemplo, vemos una instancia del proceso de negocio “Conceder Créditos”, en el que se le recomienda a un participante desempeñando el rol de “Secretaria”, el participante “ideal” y el participante “sustituto” para realizar la actividad “Analista Senior”. La siguiente figura, despliega dicha recomendación.

Ilustración 8: Recomendación del Participante Ideal y Participante Sustituto

Mapa de Conocimiento

Para evaluar el Mapa de Conocimiento Organizacional, nos basamos en la información provista por otra importante organización del mercado, la cual por razones de anonimato, denominaremos de aquí en adelante “Empresa Y”. La “Empresa Y”, nos brinda una base de datos con los cursos que han recibido sus empleados.

Sobre dicha información, para el caso de prueba, se inventaron participantes ficticios y se le asignaron el mismo conjunto de cursos que a los empleados de la “Empresa Y”. Luego, se ejecutó el prototipo con dichos participantes y se evaluó satisfactoriamente su actuación en dichos procesos. De esta manera, el proceso “Mapa de Conocimiento Organizacional”, procesó las habilidades de dichos participantes y armó el Mapa de Conocimiento Organizacional, que refleja las habilidades de la “Empresa Y” y la similitud que existe entre las mismas.

Nuevamente, para probar la validez del modelo para crear el “Mapa de Conocimiento Organizacional”, utilizaremos el prototipo ya mencionado, que describe el proceso de negocio de conceder créditos. En este caso, independientemente de la actividad y patrón desarrollada, nos interesa ver cómo son procesadas las habilidades individuales de los participantes para armar el “Mapa de Conocimiento Organizacional.”

En la Tabla 5 se presenta un ejemplo con las habilidades más relacionadas a la habilidad “SOA”, consultando el Mapa de Conocimiento (luego de haber ejecutado y evaluado satisfactoriamente varias instancias de proceso).

Similitud	Habilidad
13	Intro a SOA Services
10	Intro a Web Services
8	New Tech. J2EE
8	OO An & De UML Pt4
7	J2EE Architecture
5	OO An & De UML Pt3
5	OO An & De UMLPt2
5	Webservices Dev. 1
5	Webservices Dev. 2

Tabla 5: Habilidades relacionadas a la habilidad "SOA"

De esta manera, el Mapa de Conocimiento refleja el conjunto de habilidades relacionadas para la habilidad “SOA”. Para la selección del “participante sustituto” en caso de necesitarse alguna persona con conocimientos en dicha habilidad, se seleccionarán aquellos participantes que poseen la habilidad “Intro a SOA Services” ya que esta es, la habilidad más similar a la habilidad en cuestión.

CONCLUSIONES

Mediante la realización de este trabajo se pudo demostrar que es factible inferir información de los procesos de negocio de una organización. Se pudo armar el Mapa de Conocimiento Organizacional y contestar por medio del mismo quién es el participante ideal dada una actividad. También se logró encontrar la forma de representar, mediante estructuras de datos, el Mapa de Conocimiento.

El modelo propuesto permite establecer los lineamientos prácticos buscados al momento de plantearnos el problema inicial. Por otro lado, mediante el prototipo logramos validar y verificar que la solución es capaz de ser implantada exitosamente utilizando tecnologías de BPMS (estándar BPEL4WS en este caso).

La tecnología utilizada es un punto que debemos sobresaltar, ya que el estándar BPEL4WS, es un estándar nuevo y al que grandes empresas, tales como: BEA, IBM y SAP entre otras, están apostando. El estándar BPEL4WS ha logrado obtener una amplia aprobación del mercado y es hacia donde se están moviendo, todas las organizaciones, que quieren

orquestrar sus servicios e implantar sus procesos de negocios.

Al salir en búsqueda de datos reales, para realizar los casos de prueba y probar empíricamente el prototipo, se pudo constatar que la gestión del conocimiento es un tema que ha empezado a preocupar a las organizaciones. También se pudo concluir, que de manera distinta en el mercado, dos grandes organizaciones gestionan su capital intelectual.

Para finalizar se concluye que la realización de este trabajo fue satisfactoria, ya que se logró proponer e implementar un modelo, que permite seleccionar el participante idóneo basado en el Mapa de Conocimiento Organizacional y dentro de un entorno de BPMS y Web Services.

TRABAJO FUTURO

A continuación se enumeran una serie de trabajos futuros, que no se analizaron e implementaron en la presente Memoria de Grado por razones de alcance.

- Actualmente si un participante posee un conjunto de habilidades similares y además alguna otra habilidad X muy distinta al conjunto mencionado, dicha habilidad X se relacionará de todas formas, con el conjunto de habilidades similares. Si bien, con el paso del tiempo estas relaciones no se reforzarán seguirán existiendo. Por lo tanto, se plantea la propuesta de una posible investigación, sobre cómo detectar este tipo de situación para eliminarla. Si miramos el problema alejándonos del contexto de Mapas Organizacionales, el problema es: cómo simplificar un grafo de datos y cuándo eliminar nodos del mismo.
- Otro de los temas planteados como trabajo futuro, es lograr la visualización gráfica del Mapa de Conocimiento.
- La última propuesta se centra en cómo alimentar el Mapa de Conocimiento. Se propone investigar, evaluar e implementar otras técnicas para recolectar información útil al Mapa, como por ejemplo utilizando Datamining.

REFERENCIAS

- [1] Buonafina, Juan. “Algoritmos de extracción de conocimiento para procesos automatizados en un ambiente BPM”, Memoria de Grado, Universidad Católica del Uruguay, 2005.
- [2] Martínez, Valeria. “Estado del Arte. Mapas De Conocimiento Organizacionales en el Gerenciamiento de Procesos de Negocio”. Universidad Católica del Uruguay, 2005.
- [3] Martirena, Gastón. “Funciones de Similitud para la Gestión del Conocimiento en Gerenciamiento de Procesos de Negocio”, Memoria de Grado, Universidad Católica del Uruguay, 2005.

INGENIERÍA MULTIMEDIA Y REALIDAD VIRTUAL

Desarrollo de un sistema de captura de movimiento para interacción en entornos virtuales

Jesús D. Cardona

Universidad Autónoma de Occidente,
GIISOFT⁴⁸,
Cali, Colombia
jdcardona@uao.edu.co

Eivar A. Rojas

Immersion Software and Graphics,
Santa Fe de Bogotá, Colombia
eivar.rojas@immersionsoftware.com

Miguel A. Hidalgo

Universidad Autónoma de Occidente, GITEM⁴⁹,
Cali, Colombia
mahidalgo@uao.edu.co

Willington Siabato

Universidad Pontificia de Salamanca,
Madrid, España
wsiabato@gmail.com

ABSTRACT

In this paper a prototype of motion capture is presented. This one is a by-product of a macro research project oriented to develop Virtual Environments (VE) to simulate and learn machining processes and variables in CNC machines (Computer Numerical Control). The System is made up of two stages: Hardware and Software. First stage objective is to obtain the changes generated by the points of arm inflection by means of a group of sensor that generate voltage signals which become in digital values and they are sent to the computer. Second stage, involved the creation of a visualization system to visualize 3D arm where is possible to manipulate its geometric structure.

Keywords: Virtual Environment, Motion Capture, Direct3D, Software Development.

RESUMEN

En este artículo se presenta un prototipo de sistema para la captura de movimiento de un brazo humano. Éste nace como subproducto de un proyecto de investigación macro que busca desarrollar Entornos Virtuales (EVs) para la simulación y aprendizaje de procesos y variables de mecanizado en máquinas CNC (Control Numérico Computarizado). El sistema esta compuesto por dos etapas: Hardware y Software. La primera etapa, tiene por objetivo obtener los cambios generados por los puntos de inflexión del brazo mediante un grupo de sensores que generan señales de voltaje que se convierten en valores digitales y son enviados al computador. La segunda etapa, involucró la creación de un sistema de visualización donde además de visualizar un brazo en tres dimensiones se manipula su estructura geométrica.

Palabras claves: Entornos Virtuales, Captura de Movimiento, Direct3D, Desarrollo Software, Librerías Gráficas.

⁴⁸ Grupo de Investigación en Ingeniería de Software – GIISOFT

⁴⁹ Grupo de Investigación en Tecnologías para la Manufactura – GITEM

INTRODUCCIÓN

En el año 2004 se inicia un proyecto de investigación interinstitucional (Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia – Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia) denominado “Desarrollo de un Entorno Virtual sobre Internet para simulación de procesos de mecanizado en un Torno CNC”, considerado como la Fase I de un proyecto macro que pretende desarrollar un sistema completo de simulación virtual de procesos de mecanizado en máquinas CNC (Control Numérico Computarizado) a través de Entornos Virtuales (EVs) distribuidos sobre Internet.

Como uno de los resultados de la Fase I, se desarrolló un Entorno Virtual en el que a través de la interacción con el entorno y la simulación del proceso de mecanizado, el usuario puede alcanzar los conocimientos básicos alrededor de la mecánica de corte en un torno CNC. El EV por tanto, esta conformado por un escenario 3D que muestra un taller de mecanizado con distintas máquinas distribuidas en el espacio (en esta fase solo es posible interactuar con fines de simulación sobre un Torno CNC).

La base para lograr simular el proceso de mecanizado se encuentra en los modelos analíticos, matemáticos y físicos que gobiernan el EV, siendo posible trabajar en la máquina virtual como si se hiciera en su homóloga real, por ejemplo, simular la trayectoria de mecanizado, cambios de herramienta, velocidad, colisiones, entre otras [8]. La Figura 1, muestra algunas imágenes tomadas del EV y una vista en detalle de lo que sucede cuando el usuario interactúa con el Torno CNC que aparece en el taller de mecanizado.

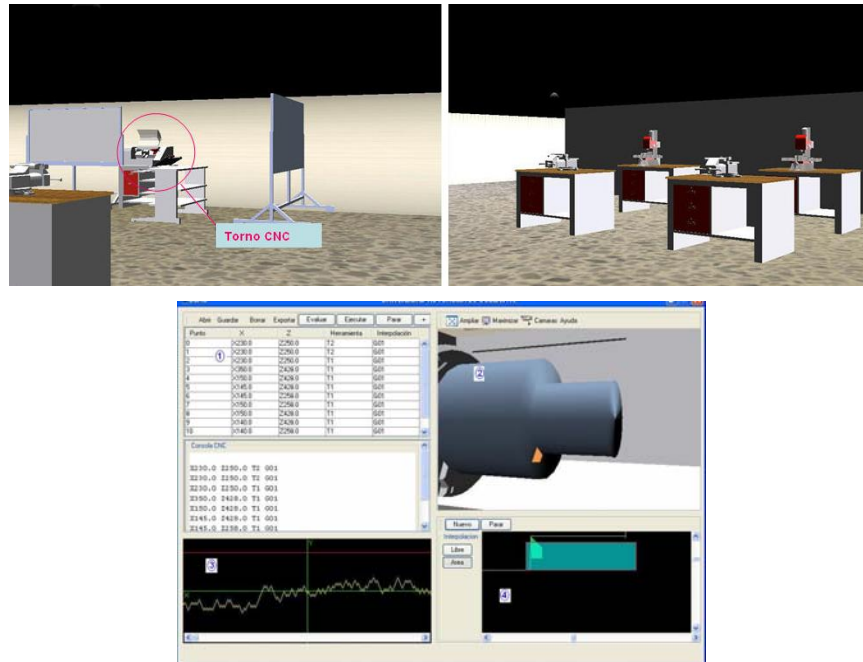


Figura 1. Entorno Virtual del Taller de Mecanizado y vista de detalle del Torno CNC cuando el usuario interactúa con él.

Como consecuencia de este proyecto, nace una propuesta de trabajo dirigida al desarrollo de un sistema que capture la posición de las articulaciones del brazo de un usuario del sistema, con el objetivo de controlar una mano virtual que interactúa con el EV o dependiendo de la circunstancia, manipular una herramienta de corte en un proceso de mecanizado particular. El prototipo fue llevado a cabo en el laboratorio de Visualización y Simulación 3D de la Universidad Autónoma de Occidente (Cali – Colombia).

El desarrollo de este prototipo tiene como objetivo, crear un sistema a muy bajo costo en los dispositivos de hardware y la implementación del software. La etapa software, fue desarrollada con

tecnología .NET, con DirectX como librería gráfica para la creación del sistema de visualización tridimensional.

1. SÍNTESIS DEL SISTEMA PROPUESTO

Hardware

Este bloque es el encargado de medir los cambios en los puntos de inflexión y la transmisión de las lecturas al computador. Estará dividido en los siguientes subsistemas:

- **Sensores:** Existen 8 puntos de inflexión de interés para el sistema de captura. Estos puntos describen en su totalidad los movimientos principales que pueden ejecutar el brazo y la mano. El objetivo de estos sensores es determinar el ángulo absoluto que efectúa cada punto de inflexión. Su comportamiento debe ser completamente lineal y exacto. Además, debe permitir el libre movimiento de cada punto que se desea medir.
- **Acondicionamiento:** Este subsistema recibe la señal de voltaje variable que generan el grupo de sensores. Debe filtrar los ruidos no deseados que se sumen a la señal y permitir ajustar el nivel de voltaje de cada sensor. Esto para efectos de que un sensor pierda sus propiedades iniciales de medición.
- **Captura y envío:** Esta etapa se encarga de ser la interfaz entre el computador y los sensores. Cada sensor ingresa su señal por un canal separado de lectura. Este subsistema debe tener la capacidad de recibir instrucciones de lectura desde el ordenador, tanto para un sensor como para el grupo de los 8 dispositivos.

Software

Este sistema realiza la gestión de los datos capturados, su representación y la interacción con el entorno de visualización. Contiene las siguientes partes de desarrollo:

- **Calibración del Hardware:** Esta parte con la ayuda del usuario, ajustará los valores de conversión para lecturas realizadas por el sistema hardware. Además, determina el estado de conexión en el que se encuentra cada sensor.
- **Captura de Movimiento:** Encargado de sincronizar la lectura realizada por el sistema Hardware y la representación tridimensional de los movimientos. Cada valor capturado de los sensores será almacenado en un archivo, que en futuro puede ser visualizado en el sistema software.
- **Representación tridimensional:** Permite dotar al sistema de captura la visualización de los datos capturados por el sistema hardware. Esta dotado de un brazo tridimensional, el cual esta organizado en un sistema jerárquico de huesos que manipulan su geometría, replicando los movimientos efectuados por el brazo real.

2. SISTEMAS DE CAPTURA DE MOVIMIENTO

Los sistemas de Captura de Movimiento son, por definición, sistemas que generan para un computador información que representan medidas físicas de movimiento capturado. Un proceso de captura consiste, de forma general, en vestir a un actor con un traje especial donde serán posicionados reflectores (Sistemas Ópticos) o transmisores (Sistemas Magnéticos). Estos marcadores son generalmente posicionados en las llamadas “Articulaciones Universales”, que son 19 posiciones que ofrecen un mínimo de precisión para representación de un movimiento humano [3]. En sistemas mecánicos como *Gipsy 3*, de Meta Motion, un traje especial contiene diversos potenciómetros, también posicionados estratégicamente, que capturan las posiciones y orientaciones de las principales articulaciones. En general los sistemas de captura tienen la estructura que muestra la Figura 2.

3. DESARROLLO DEL SISTEMA HARDWARE

El sistema mas viable frente a las características necesarias para el desarrollo del sistema es la implementación de sensores mecánicos, debido a que permiten altas tasas de muestreo, campo de trabajo ilimitado, y costos bajos respecto a los otros sistemas.

Dentro de los sistemas de captura de movimiento mecánicos los sensores que se implementan en esta tipología son:

- Potenciómetros de precisión
- Flexómetros

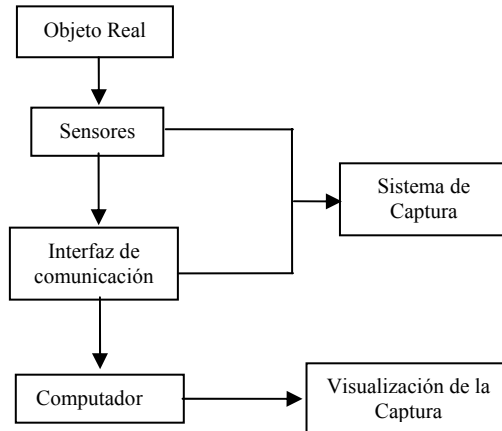


Figura 2. Estructura del prototipo de captura de movimiento.

El prototipo desarrollado cuenta con 5 sensores ubicados en puntos críticos para medir la postura de la mano y el brazo (ver Figura 3). Los sensores al ser sometidos a una deformación cambian su resistencia y a su vez alterando la resistencia que fluye a través de los mismos. Los sensores miden el ángulo de deformación de cada punto de inflexión. Este sistema no permitirá medir rotaciones de los dedos ni de la muñeca, ni del brazo. Únicamente, realizará medidas representadas en ángulos en un solo eje de rotación.

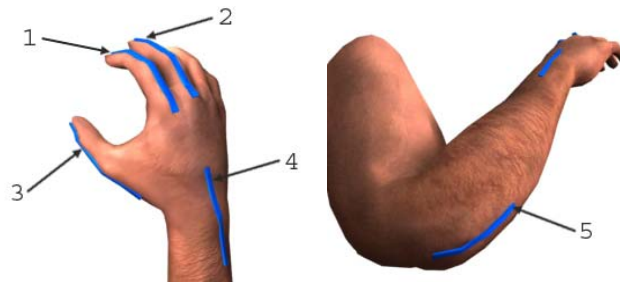


Figura 3. Ubicación de los sensores en el brazo.

Los movimientos a capturar son:

- Dedo índice
- Dedo corazón
- Dedo pulgar
- Muñeca (1 eje)
- Brazo.

El sensor a utilizar se comporta como una galga extensiométrica a gran escala midiendo unos 11,43cm, respecto de los 4cm de la galga, este sensor es llamado *FLEXSENSOR*, y fue desarrollado a inicios de 1990 por la compañía Mattel, que creó un sistema de captura denominado *POWER GLOVE* para la compañía Nintendo. El comportamiento y sus características se muestran en la Figura 4.

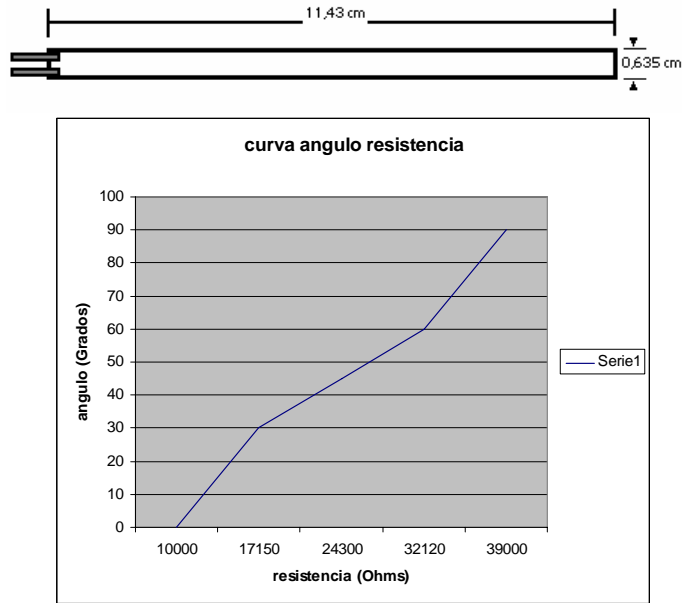


Figura 4. Dimensiones y comportamiento de la resistencia del sensor

4. DESARROLLO DEL SISTEMA SOFTWARE

El objetivo fue desarrollar una aplicación software capaz de recibir, convertir, representar, manipular y almacenar los movimientos detectados por un sistema Hardware de adquisición de datos, agregando valor al proceso de visualización e interpretación de los datos a través del uso de gráficos tridimensionales.

El sistema software esta dividido en dos importantes subsistemas:

- **Calibración:** Se encarga de calibrar y configurar todo el sistema Hardware, permitiendo observar las propiedades de cada sensor y su estado. Observar características de la etapa de adquisición tales como estado de la tarjeta DAQ (*Data Acquisition*) y calibración de la misma. Establece los valores máximos y mínimos emitidos por los sensores para asociarlos con el movimiento del brazo tridimensional. Además, se encarga de la manipulación de la información proveniente de la etapa hardware, filtrado y conversión de datos para su posterior uso en la etapa de visualización.
- **Visualización 3D:** Permite ver en la pantalla del computador la representación de los movimientos capturados por el sistema Hardware a través de un brazo tridimensional, que reacciona frente a los movimientos realizados por el usuario. Además permite la interacción con el entorno 3D a través de opciones de *Zoom*, *Pan*, *TrackBall*. Finalmente, el subsistema de visualización, tiene la capacidad de almacenar los movimientos del brazo y guardar los cambios de cada sensor en una estructura de datos que permitirá su posterior visualización y análisis en el sistema de visualización 3D.

Las API's gráficas objeto de revisión durante el desarrollo del proyecto fueron OpenGL y Direct3D. Para la realización del prototipo se seleccionó Direct3D, por la experiencia inicial del equipo de desarrollo. Actualmente, se están migrando todos los controladores del prototipo de captura de movimiento a Java haciendo uso de la API Java 3D. Esto permitirá el acople del sistema con el Entorno Virtual de Simulación de procesos de mecanizado que esta desarrollado con Java y java 3D.

La Figura 5 muestra la interfaz de usuario desarrollada donde se puede calibrar el sistema físico y al tiempo, visualizar los movimientos capturados.

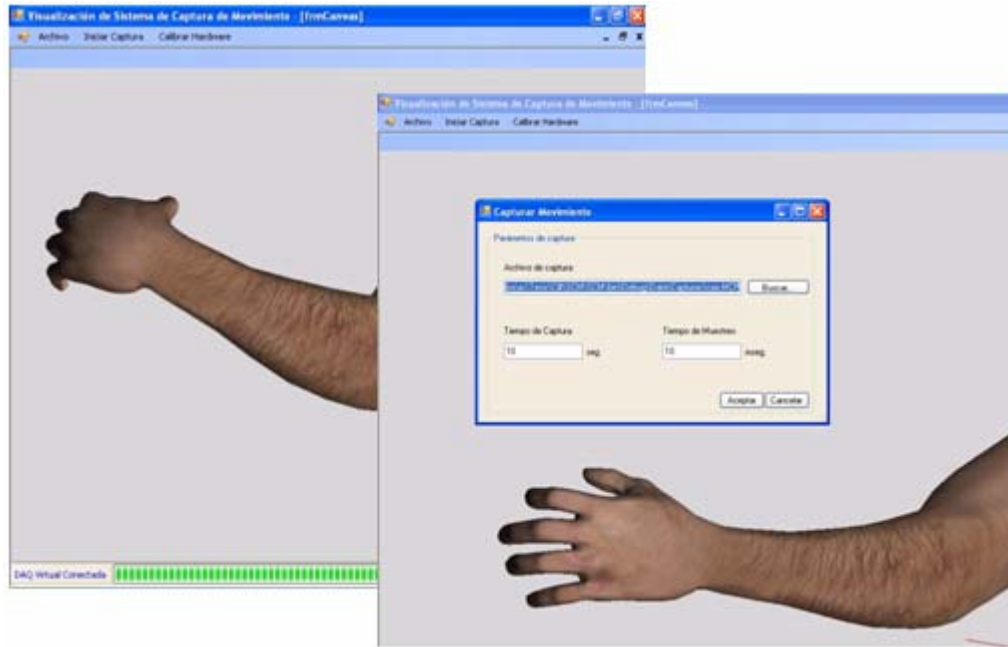


Figura 5. Interfaz gráfica de Usuario del prototipo de captura de movimiento

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

- El sistema desarrollado brinda una gran ventaja frente a otros sistemas mecánicos de captura, logrando que el tamaño de las partes finales de adquisición sean muy pequeñas (los sensores), ayudando a la portabilidad.
- El desarrollo de este prototipo insita a nuevas personas a generar soluciones que puedan ser implementadas para solucionar problemas específicos, tal como se propone en la sección de trabajo futuro.
- Además de servir como dispositivo de interacción con el Entorno Virtual para simulación de procesos de mecanizado, es posible implementar el prototipo para la animación tridimensional previa de ciertos objetos de la escena, disminuyendo el tiempo de animación e impactando la productividad en el desarrollo de las mismas.
- Gracias a que los componentes utilizados para el desarrollo del sistema son de bajo costo, muchas empresas pequeñas podrían tener acceso a este tipo de tecnología, actualmente se esta considerando la posibilidad de entregar este dispositivo a las instituciones que están interesadas en los Entornos Virtuales de simulación de procesos de mecanizado.

Como trabajo futuro se ha propuesto:

- Incrementar al sistema el número de sensores de captura permitiendo la captura de otras extremidades del cuerpo. Además, un sensor que describa la posición del cuerpo para poder realizar desplazamientos.
- Experimentar con otro tipo modelos tridimensionales, para generar más implementaciones en torno al tema de captura de movimiento. Las implementaciones pueden ser animación de personajes, títeres virtuales.
- Una implementación importante que se puede desarrollar para complementar este prototipo es la creación de una aplicación más compleja donde se pueda integrar la interacción del usuario con el entorno tridimensional, permitiendo la manipulación de objetos virtuales en tiempo real (Actualmente en desarrollo para integración con los EVs de mecanizado)

REFERENCIAS

1. Akin, A. Microsoft and 3D Graphics: A Case Study in Suppressing Innovation and Competition. [En línea] <<http://www.vcnet.com/bms>> [Consultada 23/06/2006]
2. Borshukov, G., Bozdagi, G., Altunbasak, Y., y Tekalp, A. Motion Segmentation by Multi-stage Affine Classification. IEEE Transactions on Image Processing, Volume 6, (November 1997), pp. 1591-1594.
3. Borshukov, G., Bozdagi, G., Altunbasak, Y., y Tekalp, A. Improved Motion Segmentation by Multi-stage Affine Parameter Clustering. Proceeding IS&T/SPIE Symposium on Electronic Imaging: Science and Technology, Image and Video Processing IV, Vol. 2666-17, (January 1996).
4. Cutler, L., Froehlich, B., y Hanrahan, P. Two-Handed Direct Manipulation on the Responsive Workbench. Symposium Proceedings of the 1997 symposium on Interactive 3D graphics. Publisher: ACM Press, (April 1997), pp. 107 – 114.
5. Glidden, R. Graphics Programming with Direct3D. Addison Wesley Longman; Bk&CD-Rom edition. 1997.
6. Hawkins, K. y Astle, D. “What is DirectX”, [En línea] <<http://www.gamedev.net>> [Consultado: 23/06/2005].
7. Herda, L., Fua, R., Plankers, R., Thalmann, D. Skeleton-Based Motion Capture for Robust Reconstruction of Human Motion, Computer Graphics Lab EPFL, Lausanne, Switzerland.
8. Hidalgo M., Rojas F., Archila O. Simulador Virtual de un Torno CNC. 7º Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica, México D.F, 2005, pp. 119 - 128.
9. Jacko, J. y Sears A. The Human-Computer Interaction Handbook. Lawrence Erlbaum Associates. 2003.
10. Kay M. Handbook of Virtual Environments. Lawrence Erlbaum Associates. 2002.
11. Magnenat-Thalmann, N. Modelling and Motion Capture Techniques for Virtual Environments. Springer. 1999.
12. Martz, P. OpenGL(R) Distilled. Addison-Wesley Professional, 1st edition. 2006.
13. Mine, M. Virtual Environment Interaction Techniques. [En línea] <<http://citeseer.ist.psu.edu/mine95virtual.html>> [Consultado: 10/06/2006]
14. Wagner, F. *Sistema de Animación Basado en el movimiento capturado*. LCG, Laboratorio de computación gráfica – COPPE/Sistemas. Universidad Federal de Río de Janeiro.
15. Wagner, F. *Reparametrización de un sistema de captura*. IMPA, Instituto de Matemática Pura y Aplicada. Universidad Federal de Río de Janeiro.
16. Zeleznik, R., Forsberg A. y Strauss, P. Two Pointer Input for 3D Interaction. Symposium Proceedings of the 1997 symposium on Interactive 3D graphics. Publisher: ACM Press, (April 1997), pp. 115 – 120.

Diseño, Construcción e Implementación de una Consola de Efectos Digitales para Guitarra Eléctrica (Contemporánea) Mediante Software en Tiempo Real.

Duván Segura Camelo

Universidad Distrital Francisco José de Caldas,

Ingeniería de sistemas,

Bogotá,

Colombia,

Calle 2 Nro 1-64 Madrid Cundinamarca.

Duvan.segura@gmail.com

Resumen:

En este trabajo se propuso la investigación para la posterior construcción de un sistema de software de tiempo real orientado al sonido; mas específicamente a la creación de efectos sonoros para guitarra eléctrica, basándose en la algoritmia que se puede generar en base a la acústica. Como conclusión en el sistema resultante se encontrará la relación existente entre la velocidad de procesamiento, frecuencia de muestreo latencia y calidad del sonido resultante junto con los parámetros establecidos para lograr una respuesta en tiempo lo suficientemente baja como para no percibir el retardo y sonidos muestreados al doble de la calidad de un CD de audio (44100 Hz).

Palabras claves: Digitalización, aliasing (falseamiento), Sonido, Acústica, interfaz humana, sistema de tiempo real (STR), full duplex audio, latencia, muestreo, ruido.

Abstract

In this work was intended the investigation for the later construction of a real time software system guided to the sound; but specifically to the creation of sound effects for electric guitar, based on the algorism that it can generate based on the acoustics. As a conclusion in the resulting system will be the existent relationship among the prosecution speed, frequency of sampling latency and quality of the resulting sound together with the established parameters to achieve an answer in time the sufficiently low thing as for not perceiving the retard and sounds sampled to double the quality of an audio CD (44100 Hz).

Key words: Sound, acoustic, Human interface, TRS (time real system), full duplex audio, latency, sampling, noise, Digital Sound, aliasing

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo es el desarrollo de un sistema de información de tiempo real, que después de digitalizar una onda proveniente de un instrumento musical (para el caso una guitarra eléctrica), manipula los datos de esta digitalización para recrear efectos de sonido y retornar esta onda a un medio de amplificación en un tiempo mínimo no superior a 100 milisegundos.

Para dicho proceso se estudiaron conceptos del diseño de sistemas de tiempo real, como lo son metodologías y ciclos de vida de desarrollo para estos sistemas. Junto a estos se indagó en la manipulación de los dispositivos multimediales encargados del manejo del sonido junto a sus características, como: las propiedades Half Duplex Audio y Full Duplex Audio, capacidades de muestreo, latencia, número de frames por buffer, capacidad almacenamiento de los buffers, entre otros, también se examinaron varios algoritmos y teorías sobre la generación de efectos de sonido digitales.

Este trabajo es dirigido a los diseñadores de software que tomen interés en el desarrollo de sistemas en tiempo real, también a ingenieros que deseen indagar sobre la digitalización del sonido y la manipulación de ondas digitales de sonido desde el computador.

En el desarrollo del software se implemento un ciclo de vida a base de prototipos, especialmente por la retroalimentación constante existente en este, ya que es un sistema que debe ser evaluado periódicamente por el usuario final.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El problema que se planteo en este trabajo fue analizar los conceptos de la digitalización del sonido, junto con la creación de efectos de audio e indagar las ventajas y las dificultades existentes en el trabajo del sonido desde un computador y si este podría trabajar el procesamiento del sonido en tiempo real, con la finalidad de que un músico pueda realizar presentaciones en vivo teniendo el computador como una herramienta de apoyo en su expresión artística.

Después de estudiar las posibilidades del tratamiento del sonido en tiempo real se encontraron dos propiedades de las tarjetas de sonido, estas son: Half Duplex Audio y Full Duplex Audio[1] , la primera, encontrada en computadores construidos con arquitectura ISA, esta permitía trabajar con el sonido Unidireccionalmente, es decir, el sonido solo puede ser trabajado por una entrada, por ejemplo una grabación o por una salida como en el caso de una reproducción de una canción MP3, pero el sonido no puede ser trabajado con una entrada y una salida en forma simultanea debido esta arquitectura con la que estaban construidos los computadores antiguos. La segunda encontrada en computadores con arquitectura PCI, permite el trabajo Bidireccional (con entrada y salidas simultáneas), se puede deducir entonces que con esta perspectiva la principal meta era investigar algún método para realizar aplicaciones aprovechando la propiedad Full Duplex Audio de las tarjetas de sonido.

Esta propuesta formulaba el primer gran interrogante; ¿crear dichas aplicaciones es posible?, de la cual se desprendían preguntas como ¿Por qué no se han desarrollado aplicaciones como esta?, ¿cuales son los impedimentos o problemas de estas investigaciones?, mas específicamente ¿existen problemas de procesamiento, de digitalización, existen el hardware para PC, que realice tales tareas?

⁵⁰ Tomado de: <http://www.zator.com/Hardware/index.htm>

¿Existe algún problema relacionado con la latencia de este tipo de programa? Fue quizá la pregunta esencial, la respuesta en tiempo es el mayor reto, pero no podemos olvidar la calidad del sonido, junto con la norma básica de la percepción de los efectos ya mencionados.

¿Bajo que teorías se pueden generar efectos de guitarra?, ¿Que algoritmos existen para tal fin?, ¿cual será la apropiada para trabajarlos con un computador?

Todas estas preguntas formulan un proyecto de riqueza tanto ingenieril como artística, debido a que el sistema propuesto requiere de gran avidez en áreas de conocimiento como la matemática y física de ondas, para la realización de efectos de guitarra, también diseño de sistemas en tiempo real e ingeniería de software en esta área, todo esto aplicable en programación claro esta. Pero este sistema requiere de una habilidad auditiva, exigente en gran parte, para poder percibir el sonido finalmente procesado, estableciendo, como usuario final, si los resultados cumplen con las normas como calidad de muestreo, teorema de Nyquist[2] , (conceptos de áreas como la ciencias de la comunicación) respuesta en tiempo, fiabilidad y facilidad en el uso del hardware de interfaz de humana propuesto desde el proyecto.

3. OPERACIONALIZACIÓN

Conceptos Aplicados de Direct-Sound[3] .

Para el proceso que se desarrolló, requirió inicializar el software definiendo un dispositivo, y un par de buffers, el primero para inicializar como tal, la aplicación y el segundo desde el que se manejará el espaciamiento, volumen, y frecuencia de muestreo. Esto se aplicará usando directSound, por dos razones, una es que es la herramienta mas utilizada para estos desarrollos y debido también a que esta herramienta tiene la capacidad de manejar buffers definidos por el programador y el proceso de descompresión de la onda de sonido es mas personalizado (puede ser afectado como se guste), se utilizará el directX vr. 9 por causa de su versatilidad en el lenguaje de programación c++, esto gracias a que muchas de sus funciones se sustentan para este lenguaje de programación.

Las aplicaciones de multimedia que emplean DirectSound utilizan cuatro pasos para usar la tecnología de DirectSound en C ++.

1. Crear un dispositivo legítimo. (Aquí apenas se usa un constructor predefinido para el dispositivo.)
2. Crear una Descripción. La descripción contiene información que describe cómo se comportará el buffer.
3. Usar el dispositivo, descripción, y el nombre del archivo de .WAV para crear un buffer secundario. Se puede cambiar las propiedades del buffer secundario (como la frecuencia) para alterar los atributos del sonido
4. Interpretar el sonido.

⁵¹ Tomado de: <http://www.terra.es/personal/fcyborg/musica/audioidig.html>

⁵² Microsoft Corporation, MSDN para Visual Studio .NET, Copyright 1987-2002.

Conceptos Aplicados de Portaudio[4] .

Al estudiar el código fuente del programa audacity (programa para la grabación y reproducción de sonido con licencia GPL) se encontró el uso de una librería denominada Portaudio escrita en lenguaje C. Esta librería desarrollada por universidades europeas bajo un licenciamiento libre se emplea para crear aplicaciones de computador que manipulen el sonido digitalmente. Con esta librería se maneja desde el muestro del sonido, hasta la creación de los buffers necesitados en las aplicaciones de software.

Después de entender los conceptos, la construcción y la utilización de la librería en mención, el paso siguiente era indagar algoritmos de generación de efectos de sonido.

Tras estudiar la propiedad Full Duplex Audio junto con sus características y teniendo entendido los algoritmos propuestos por RG Keen[5] e implementados en aplicaciones de software como Audacity y Jesusonic, se debe proceder con la creación del programa para empezar a estudiar el factor mas importante: “LATENCIA” [6] .

Los estudios hechos en el área llevaron a la conclusión de que la latencia, la calidad del sonido y dentro de esta la frecuencia de muestreo están directamente relacionados.

La latencia esta definida como el tiempo que tarda el programa en retornar una respuesta determinada por una entrada propuesta[7] . Entonces, para este caso, esta respuesta es el tiempo que se demora el computador en llenar un buffer de muestras de sonido como entrada, llevar este buffer al procesador para ser afectado por el algoritmo que genera el efecto deseado, dicho efecto, toma cada muestra como un valor de entrada de tipo flotante, realiza los cálculos aritméticos o trigonométricos programados y retorna este nuevo valor representado por un valor igualmente flotante. Este valor de salida es dispuesto en un buffer el cual se coloca en el flujo de datos que salen en igual número de muestras de entrada.

La meta fue encontrar un punto medio entre la frecuencia de muestreo y la latencia. Un punto en el que la frecuencia de muestreo cumpliera con el teorema de muestreo y que la latencia no representará una demora exagerada, mas de 100 milisegundos, tiempo que vería afectado la melodía musical y el ritmo llevados por el artista. Pero para poder llegar a estos tiempos de latencia deben tenerse requisitos de hardware mínimos, específicamente, velocidad de procesamiento, cuanto mayor sea la capacidad de procesamiento de la maquina CPU, menor será la latencia.

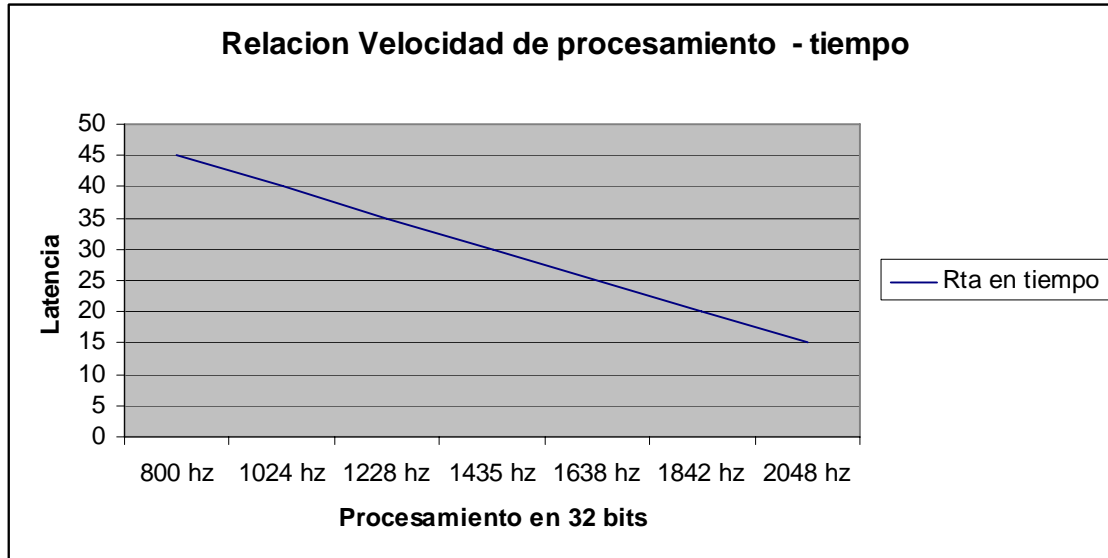
Se puede ver dicho fenómeno en esta gráfica:

⁵³ Tomado de: /www.portaudio.com

⁵⁴ Tomado de: <http://www.geofex.com/>.

⁵⁵ Software design methods for concurrent and real time systems, GOMMAA, Hassan

⁵⁶ Software design methods for concurrent and real time systems, GOMMAA, Hassan.



Grafica 1: Relación velocidad de procesamiento vs. Tiempo en milisegundos.

Pero ¿por que es tan importante la velocidad de procesamiento? Gracias al procesador se puede tomar el contenido del buffer del flujo de datos afectarlos para generar el efecto, y retornarlos al buffer del flujo de sonido. Todo en un tiempo mínimo.

Los cálculos dicen que con un procesador de 2.4 Gigahertz de 64 bits de procesamiento el tiempo de 35 milisegundos obtenido en este trabajo, se podrá bajar una cuarta parte (8.75), quizá un poco mas, lo importante de este calculo es que con este valor se estaría llegando a valores realmente esperados para una comparación justa con un sistema de multiprocesamiento de efectos digitales (pedalera), debido a que estos aparatos trabajan con una latencia de 5 - 6 milisegundos aproximadamente.

Con la primera parte de la hipótesis entendida, lo siguiente es trabajar los efectos de sonido, para dichos efectos se propondrán cuatro de ellos bajo la propuesta de RG Keen, quien maneja los efectos de sonido con simples elementos aritméticos y trigonométricos, reduciendo todo a diagramas de bloques con realimentación y con funciones definidas para afectar la onda de sonido de las cuatro formas, estas son: manipulación de la frecuencia, manipulación de amplitud, distorsiones, y retardado de la onda.

El reto fue tomar un número de muestras ideales, (44100 Hz.[8]) como dato de entrada y bajo una serie de algoritmo que crean efecto de sonido, generar una salida todo esto en el menor tiempo posible [9], [10] . Según la configuración del computador con el que se trabajo, en el que se cuanta con un procesador de 1,2 Gigahertz, una tarjeta de sonido estándar “C-Media AC-97” integrada a la borrad M810 y una memoria RAM de 512 Mbytes el tiempo en el que se puede trabajar es de 35 milisegundos, con un tasa de muestreo de 88200 Hz que al ser llevada a los buffers de sonido manejado cumpla eficazmente con el teorema de muestro.

⁵⁷Tomado de: www.audio-digital.com/muestreo

⁵⁸ Se habla acá de no mas de 100 milésimas de segundo, siendo este numero como el máximo posible y aun no ideal

⁵⁹ Estas cien milésimas de segundo generarían una confusión en los músicos haciéndoles perder la base del ritmo que deben llevar.

Ecuación 1: ecuación de relación frecuencia de muestreo en determinada latencia.

$$\frac{FrecMuestreo}{1000ms} \times Latencia = frecLatencia \gg FrecMiAltoGuitarra(24traste)[11]$$

Ecuación 1.1: solución de ecuación de relación frecuencia de muestreo en determinada latencia.

$$\frac{88200Hz}{1000ms} \times 35ms = 3087Hz \gg 1223Hz$$

En otras palabras:

Ecuación 2: Relación de frecuencia de muestreo contra la nota más alta obtenida en un guitarra de 24 trastes

$$\frac{3087Hz}{1223Hz} = 2,5241210139002452984464431725266 > 2$$

Lo que indica que la calidad será optima pues cumple así el teorema de muestreo.

Con unos números ideales en la latencia y muestreo, el reto siguiente era la creación y construcción de los algoritmos que generaran los efectos de sonido que se deseaban, estos son básicamente 4; uno que creará distorsiones, otro que afectará las frecuencia de la onda, otro que afectará la amplitud de la onda y un ultimo que retardará la onda.

Diseño de la Interfase Física:

Para diseñar la interfase física de operación se investigó en la biblioteca de consulta llamada MSDN para indagar sobre la propiedad del entorno de programación de visual Studio .Net con la que se podían acceder a los diferentes tipos de clic del Mouse, reconociendo cada uno de ellos, una vez encontrada esta propiedad se desarrollo un prototipo que mostrará la interacción con dos de los efectos programados, uno era el Wah Wah y el otro fue la distorsión fuzz.

En esa instancia se pudo desarrollar un sistema controlado por cada uno de los botones del Mouse que iniciará cada uno de los efectos al hacer clic; si se hacía clic con el botón izquierdo se inicializaba el efecto de distorsión y si se hacía clic derecho se inicializaba el efecto denominado Wah wah.

Posteriormente en el prototipo final el manejo del Mouse se hace así: con el botón derecho se recorren los efectos en un sentido y con el izquierdo se recorren en el sentido opuesto.

Desarrollo de Software de Forma Secuencial.

En el segundo prototipo de cuyo manejo de los efectos se quería hacer por medio de ventanas, se pronuncio un problema en el que no se había pensado hasta el momento. Como lo importante era ver la funcionalidad del aparato físico que sería la interfaz física a ser usada, hablamos acá del Mouse, con el programa se vio al cargarse uno de los efectos que estaba hecho a través de una instancia de una clase, que se construía y hacia un llamado a la operación que generaba el efecto se cargaba en un tiempo de 500 milisegundos, tiempo excesivamente largo para ser considerado dentro de las metas propuestas, aunque no se encontró ni se pudo determinar la complejidad algorítmica contenida al crear un objeto y llamar uno de sus métodos por simple apreciación se percibió que el tiempo es mucho mayor que cuando es netamente secuencial, este fenómeno se da por el hecho de tener que invocar un par de archivos, tanto el .H como el .CPP. en la instancia de la clase.

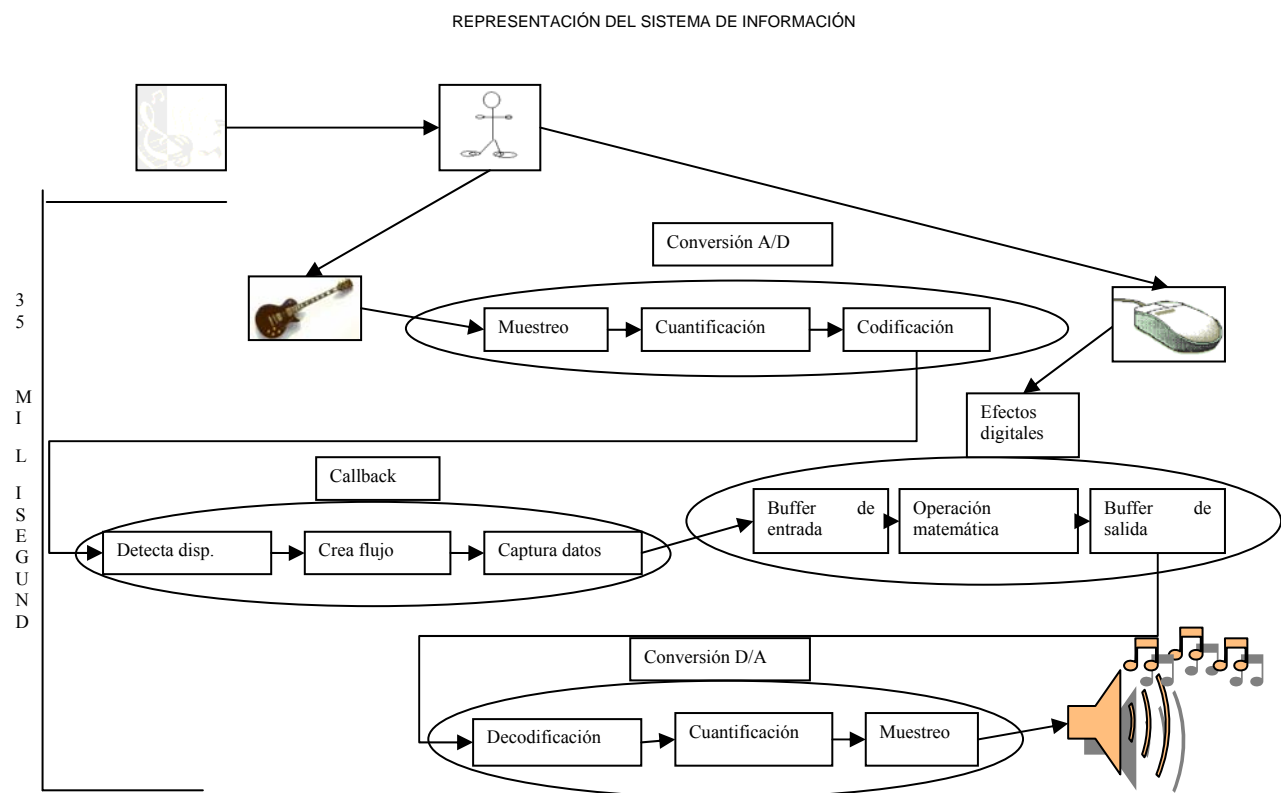
El dilema que surgió en este momento fue motivo de investigación y análisis debido a que, por un lado se tenía un

⁶⁰ Tomado de: <http://museovirtual.csic.es/>

sistema estructurado por clases, con posibilidades de ser mejorado después de ser liberado, con un respuesta en tiempo demasiado larga para este propósito y por otro lado un programa secuencial, carente de un “esqueleto” que le diese robustez pero que a su favor tiene el tiempo de su respuesta, no toma mas de 50 milisegundos en ser cargado el efecto que se quiere.

La pregunta acá es ¿Qué paradigma, es el indicado? Como ya se vio esta pregunta no tiene una respuesta totalmente satisfactoria, pero definitivamente se optó por la segunda, un programa secuencial, claro está que se quedó inconforme con esta respuesta en el proceso de programación pero el usuario final, es quien realmente toma las decisiones, en especial en el ciclo de vida propuesto.

Quizá un avance que se realice a este proyecto sea que al inicializar el programa se cargan en memoria todos los efectos guardados en el banco o archivo y que desde allí sean llamados cada uno en su momento, bueno esta, respuesta tiene como desventaja que si se carga un banco de efectos demasiado grande puede consumir mas recursos, entonces habría que hacer un especificación en la que se relacione una grafica de memoria vs. Numero de efectos máximo, para evitar un volcado de memoria o algo por el estilo.



Grafica 2 (Representación del sistema)

Diseño de Herramientas

Debido al ciclo de vida empleado, prototipos, los instrumentos utilizados, tuvieron un gran apoyo humano, la calidad del sonido independientemente de las cifras y formulas implementadas siempre será mejor evaluado por un humano, quien diga si considera que la respuesta es demasiado lenta y esto puede verse representado en una mejora del artista o que el ruido es excesivo y que esto hará perder al artista la idea o manifestación que quiera transmitir.

De ahí que el mayor elemento de evaluación sea el propio músico, de hecho debido a la idea expresada en el párrafo anterior veremos, que este ciclo de vida implementado acá están necesario como determinante. También el artista junto

al desarrollador, evaluaron el instrumento de interfaz humana durante las presentaciones.

4. CONCLUSIONES

- La gran ventaja encontrada de la secuencialización sobre el desarrollo estructurado es notable para un trabajo de un sistema de tiempo real, pero se pierden características como robustez, adaptabilidad y otras características propias de un trabajo estructurado mediante clases.
- La creación de un efecto llamado calidad media, es un efecto creado por el desarrollador, con el fin de mostrar otra opción en la creación de efectos propios, esta idea se desarrollo bajo la concepción que manejan las grandes casas desarrolladoras de efectos para instrumentos musicales en las que algunos de sus trabajos se centran en la recreación de simulaciones de “sonidos clásicos” por ejemplo, la simulación del sonido de un amplificadores marshall o de una consola específica.
- Con el trabajo desarrollado se logró una respuesta en tiempo de 35 milisegundos; encontrando una relación directa entre la velocidad de muestreo, la velocidad de procesamiento y la latencia, una relación estas tres características, para encontrar un punto medio ideal. Se debe aclarar que aunque hay un retazo, este no es perceptible por el oído humano.
- Mediante la lógica algorítmica del RG Keen se crearon los efectos de sonido de distorsión, retraso de onda y modulación de onda, comprobando así que se pueden hacer efectos de sonido con las teorías propuestas por este ingeniero ex-empleado de la IBM.
- Con la librería denominada PORTAUDIO se pudo trabajar todo lo relacionado con el proceso y parámetros (frecuencia de muestreo, canales de salida, dispositivos de entrada-salida) de digitalización del sonido, junto con el acceso a los recursos físicos (hardware) de multimedia específicamente los recursos de sonido.
- Una conclusión importante es que con los algoritmos de los efectos realizados en este sistema pueden desarrollarse nuevos algoritmos para los efectos requeridos por los futuros usuarios. Cada efecto es un efecto que se puede encasillar dentro de una de las cuatro posibilidades de efectos existentes en el mercado.
- La implementación de una interfase física de operación como el Mouse como apariencia de pedal, es una idea apreciable, pero carente de versatilidad por solo tener dos o tres botones de interacción, dejándole pocas opciones al artista que desee presionar más de dos pedales.
- Como planteamiento final se puede pensar en la construcción de una interfaz física mas adaptable a los requerimientos del usuario, entrando en un dilema de costo/beneficio, por que al querer desarrollar una interfaz física mejorada bajo pedido puede pensarse en que puede ser igual o mas cara que comprar una pedalera digital.

BIBLIOGRAFÍA.

Fuentes Electrónicas

1. Gómez Sánchez, Fernando: “*Audio digital.*” 24 diciembre de 1996. <http://www.terra.es/personal/fcyborg/musica/audioidig.html> (14 de noviembre de 2004).
2. Mailto, Pablo: “*El rincón del guitarrista*”. agosto de 2005. <http://www.guitarraonline.com.ar> (octubre de 2005).
3. KEEN, R.G: “*The guitar effects oriented web page*”. 30 DE NOVIEMBRE DE 2005, <http://www.geofex.com/>. (22 de enero DE 2006).
4. Zator Systems: “*Tecnología del PC.*” noviembre de 2004. <http://www.zator.com/Hardware/index.htm> (7 diciembre de 2004).

Fuentes Bibliográficas

1. Gommaa, Hassan: *Software design methods for concurrent and real time systems*. Primera Edición, Estados Unidos: Addison Wesley Professional. Jul 31, 1993.
2. Selic, B. Gullekson, G. and Ward, P.T.: *Real time object oriented modelling*. Primera Edición, Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc. 1994.
3. Software Engineering Coordinating Committee: *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge Trial Version SWEBOK*. Los Alamitos, California: IEEE Computer Society, mayo de 2001.

INTELIGENCIA DE NEGOCIOS Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

Redes Neuronales Artificiales Una Aplicación A La Tasa De Cambio Nominal

Octavio José Salcedo Parra

Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”,
Bogotá, Colombia,
ojalcedop@unal.edu.co

ABSTRACT

The present document presents/displays a model of Neuronal Networks Artificial RNA for the prognosis of the rate of nominal change in Colombia, that includes flow orders and the differential of the interest rates like variables of entrance to the model. Additionally methodological conclusions from the traditional treatment of the series of time were extracted.

Key words: Type of Nominal Change, Artificial Prognosis, Not-Linear model, Neuronal Networks, Micro-structure of the financial markets.

RESUMEN

El presente documento presenta un modelo de Redes Neuronales Artificiales RNA para el pronóstico de la tasa de cambio nominal en Colombia, que incluye órdenes de flujo y el diferencial de las tasas de interés como variables de entrada al modelo. Adicionalmente se extrajeron conclusiones metodológicas a partir del tratamiento tradicional de las series de tiempo.

Palabras Clave: Tipo de Cambio Nominal, Pronóstico, modelo No-Lineal, Redes Neuronales Artificiales, Micro-estructura de los mercados financieros.

1. INTRODUCCIÓN

El análisis para la modelación y el pronóstico del tipo de cambio de una divisa con respecto a otras ha tenido varias etapas relevantes. En este sentido los primeros modelos desarrollados, tenían como punto de partida los equilibrios de flujos entre los países, estos planteaban que el tipo de cambio podía determinarse mediante funciones de oferta y demanda de divisas correspondiente a cada uno de los países, entre los modelos que hacen parte de esta línea de desarrollo están los de Meade (1951) y Mundell - Fleming (1963) mencionados por Manrique (2001).

Posteriormente con el dinamismo que adquirieron los mercados financieros y la caída del Bretton Woods aparecieron modelos en los que el comercio internacional, los flujos internacionales de comercio, el precio de las exportaciones, los bienes domésticos y los portafolios internacionales de activos, se tomaron como variables relevantes para la determinación de la tasa de cambio. Este enfoque se denominó equilibrio de stocks o mercado de activos, el cual se encuentra dividido en modelos monetarios (precios flexibles, precios rígidos) y modelos de equilibrio de cartera, los cuales pretenden explicar las fluctuaciones del tipo de cambio mediante un proceso análogo al que se ven sometidos los precios de otros activos financieros.

En esta misma corriente, se originaron los modelos seminales y obligados en la literatura del tipo de cambio: Rogoff y Meese (1983, 1988), los cuales examinan los modelos monetarios y de balance de portafolios para pronósticos en horizontes cortos (1 a 12 meses).

No obstante los trabajos de Meese y Rogoff (1983, 1988), reciben fuertes críticas en Evans y Lyons (1999), quienes consideran que los modelos de tasa de cambio nominal han estado en crisis desde la aparición de dicho modelo, al hacer todos ello un aproximación que empíricamente falla. Adicionalmente Frankel y Rose (1995) escriben “El análisis de Meese y Rogoff en horizontes cortos nunca ha sido convincentemente explicado. Se continuó trayendo un efecto pesimista en el campo de la modelación de la tasa de cambio empíricamente en particular y en las finanzas internacionales en general”⁶¹.

En ese orden de ideas aparecen modelos tratando de explicar las causas de los pobres resultados de los modelos tradicionalmente macro de TCN. Flood y Rose (1995), por ejemplo, se encaminan a que los determinantes más críticos de la volatilidad de la tasa de cambio no son macroeconómicos. Blanchard (1979), Dornbusch (1982), Meese (1986) y Evans (1986), entre otros, se mueven en la corriente que propone que se deben tomar variables exógenos para explicar la volatilidad de la TCN, a partir de burbujas financieras. en contravía Flood y Hodrick (1990) concluyen que las alternativas de burbuja son poco convincentes. De otra parte Domínguez 1986, Frankel y Froot 1987 y Hau 1998, entre otros, explican los componentes exógenos a partir de irracionalidades como errores en las variables expectativas.⁶²

Con esta motivación surge el trabajo de Evans y Lyons (1999) el cual hace un aporte significativo: la inclusión de una variable microeconómica para explicar y pronosticar las variaciones en la TCN. La idea central de este modelo es considerar elementos propios de la microestructura de mercados financieros sobre la valoración de activos, para incluir variables explicativas (microeconómicas), no consideradas en los trabajos hasta aquí realizados. Fundamentalmente se hace un desarrollo sobre las órdenes de flujo, entendidas como la medida de la presión a la venta o la compra del activo financiero, tomándolas como variable explicativa del modelo de TCN. Este modelo explica las variaciones de la tasa de cambio en una función lineal del diferencial de la tasa de interés y el orden de flujo el yen vs. US dólar y marco alemán vs. US dólar para el periodo comprendido de mayo 1 a agosto 31 de 1996.

⁶¹ Evans y Lyons (1999)

⁶² *Ibid*

Las conclusiones del este documento apuntan en cuatro direcciones: la robustez, la causalidad, cambios en el portafolio y la capacidad de pronóstico fuera de la muestra.

Otros trabajos se movieron en una dirección alterna, no de especificación, sino de la forma funcional de la tasa de cambio, en el sentido que hicieron apreciaciones sobre la no linealidad de la tasa de cambio. Se destacan Baillie y McMahon (1989) quienes precisaron que la tasa de cambio no es linealmente previsible, Hsieh (1989) observó que los cambios de la tasa de cambio pueden ser no linealmente dependientes. A pesar de ello Meese y Rose (1991) encontraron que el pobre poder explicativo de los modelos no podía ser atribuido a las no linealidades, pese a que previamente, Meese y Rose (1990), utilizaron un estimador no-paramétrico para manejar las no linealidades, sin que proporcionara ninguna mejora significativa en la explicación mensual de la tasa de cambio⁶³.

En este contexto, recientemente Evans y Lyons(2004) persisten en la microestructura como determinante de la tasa de cambio, mediante un modelo de equilibrio dinámico. Este trabajo concluye que aun existen vacíos en la explicación de la TCN a partir de fundamentos macro. Los problemas en la explicación surgen por la volatilidad de las variables macro, porque hay variaciones en la TCN cuando no hay movimientos en las variables macro, o viceversa.

Adicionalmente y en contraposición a los tradicionales modelos ARIMA, de caminata aleatoria, martingale, cadenas de markov utilizados entre otros por Baillie y Bollerslev (1989), Engel y Hamilton (1990) y Verkooijen (1996) y Plasmans, Verkooijen, y Daniels (1998) utilizaron modelos macroeconómicos y las redes neuronales artificiales (RNA), para probar si la relación subyacente es no lineal, a la vez que Hu (1999) demostró (con datos diarios y semanales) que las redes neuronales artificiales –RNA- son un método más robusto de pronóstico que el modelo de caminata aleatoria. Previamente Kuan y Liu (1995) habían usado una técnica hacia el futuro y redes neuronales artificiales recurrentes para producir pronósticos de media condicional de la tasa de cambio⁶⁴.

Contrariamente en Colombia la literatura de TCN no es muy amplia, en contraste con la de tasa real, Cárdenas (1997) menciona los trabajos de Wiesner (1978), Urrutia (1981), López (1987) y Steiner (1987) sobre los procesos de minidevaluaciones en el sistema de *crawling peg* colombiano. El trabajo de Cárdenas (1997), analiza los determinantes de la tasa de cambio nominal en el periodo 1985-1986, bajo los dos regímenes, *crawlin peg* y el sistema de bandas⁶⁵, mediante: el modelo monetario simple, el modelo monetario con precios fijos y el modelo de balance de portafolio, la conclusión sobre los determinantes apunta a que el modelo monetario con precios flexibles se ajusta en buena manera la comportamiento de la TCN colombiana. Según el modelo la TCN responde a cambios en la oferta monetaria y las tasas de interés.

Más recientemente Oliveros y Huertas (2002), presentan un documento que considera “la estimación de los desequilibrios nominales y reales del tipo de cambio en Colombia” incluyendo dos componentes: uno de tendencia estocástica y uno asociado al ciclo. Sintéticamente la descomposición apunta a que la tendencia se asocia al equilibrio y el componente estocástico con los desequilibrios. Para el TCN en la serie presentada (información trimestral de marzo 1980 a marzo 2002) la paridad en el poder de compra, no se valida en el sentido estricto. Adicionalmente se construye un modelo de *Behavioral Equilibrium Exchange Rate –BEER-*, el cual arroja conclusiones similares.

En el horizonte metodológico Jalil y Melo (1999) presentan una manera de testear la no-linealidad de la inflación y el crecimiento de los medios de pago, particularmente comparando un AR(p), con un modelo autorregresivo de transición suave STAR⁶⁶. Son relevantes las conclusiones que van de la mano con la identificación de relaciones no-lineales entre

⁶³ Gradojevic y Yang 2000

⁶⁴ *Ibid*

⁶⁵ Colombia desde 1967 a octubre de 1991 mantuvo un tipo de cambio fijo ajustado con minidevaluaciones (*crawling peg*), a partir de noviembre de 1991 adoptó un sistema de bandas hasta septiembre de 1999 cuando se adoptan el tipo de cambio de flotación libre.

⁶⁶ Particularmente este test es aplicable a modelos no-lineales con formas funcionales definidas y no es factible su aplicación a RNA, ya que estas no tienen formas funcionales definidas

inflación y el crecimiento de los medios de pago y con la alta capacidad de pronóstico del modelo no lineal en el largo plazo.

Bajo este contexto, fundamentado en la microestructura y las RNA, y teniendo en cuenta las críticas hacia los modelos enteramente macro de Evans y Lyons (1999) y lo expresado por Barkoulas, Baum, Caglayan y Chakraborty (2001) sobre los procesos tipo martingale y la memoria de largo plazo, el presente documento examina el comportamiento de un modelo de pronóstico de la TCN del peso respecto al U.S. dólar al introducir una variable de la microestructura del mercado (orden de flujo) en un sistema de observaciones diarias con variables macroeconómicas (tasas de interés), bajo una modelación no lineal de RNA, para series de tiempo diarias de un (1) año, buscando medir el poder predictivo y el comportamiento de la modelación mediante la raíz del error cuadrático medio (RMSE) y el error medio porcentual absoluto (MAPE)⁶⁷.

Para ello el artículo se dividió en cuatro secciones: La primera sección que cubrió la introducción. La sección 2 revisa lo relacionado con las RNA y la microestructura de los mercados financieros. La sección 3 describe los datos, analiza y presenta los resultados. La sección 4 corresponde a conclusiones y recomendaciones.

2. REDES NEURONALES ARTIFICIALES –RNA- Y LA MICRO-ESTRUCTURA DE LOS MERCADOS FINANCIEROS

2.1 Redes Neuronales Artificiales – RNA-

Una Red Neuronal Artificial (RNA) es un intento de poder realizar una simulación computacional del comportamiento de partes del cerebro humano mediante la réplica en pequeña escala de los patrones que éste desempeña en la formación de resultados a partir de los sucesos percibidos. Más formalmente las RNA son modelos estadísticos no lineales utilizados principalmente para la clasificación y predicción de datos y variables, inspirados por el sistema nervioso biológico, que tratan de simular el proceso de aprendizaje humano con el convencimiento de que habiendo sido creados por el proceso de selección natural el mecanismo debe ser eficiente. (Montenegro, 2001).

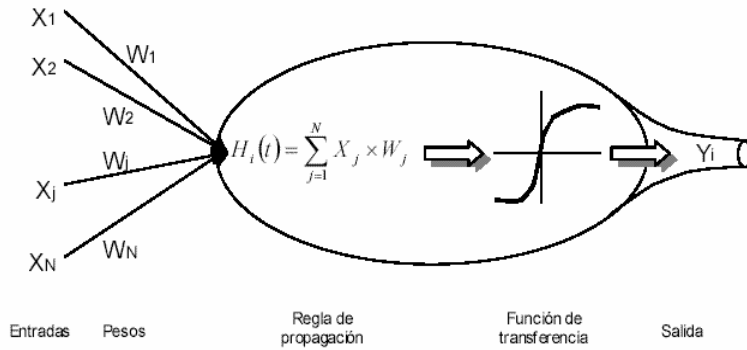
La estructura de una neurona artificial es una emulación de una neurona biológica de modo que se podría hacer el siguiente paralelo con la neurona biológica:

Las entrada X_i representan los pulsos discretos que provienen de otras neuronas y que son absorbidas por las dendritas (UTP, 2000).

Los pesos W_i son la intensidad de la sinapsis que conecta dos neuronas. θ , es el umbral, valor que la neurona debe sobrepasar, para que se produzca el proceso biológico dentro de la célula al activarse, analogía que puede apreciar en la grafica 2.

θ

⁶⁷ Una amplia revisión de estos modelos econométricos puede encontrarse en Mills(1999) y Brooks(2002). De hecho, Mills(1999) presenta los modelos aquí mencionados para datos de la libra esterlina en diferentes períodos de tiempo.



De la cual se deduce que:

$$H_i(t) = \sum_{j=1}^H X_j \cdot W_j$$

donde:

- $H_i(t)$: Potencial sináptico de la neurona i en el momento t
- X_j : Entrada de datos procedentes de la fuente de información j
- W_j : El peso sináptico asociado a la entrada X_j

Como una de las características más relevantes detrás de las RNA es adquirir conocimiento mediante datos pasados se hace necesario el proceso de aprendizaje en el cual la RNA modifica sus pesos (W_j) en respuesta a una información de entrada (X_j). Los cambios que se producen durante el proceso de aprendizaje se reducen a la destrucción, modificación y creación de conexiones, entre neuronas. Por tanto el proceso de aprendizaje (entrenamiento) de la red artificial depende del tipo de red neural modelada, y se catalogan como algoritmos de aprendizaje supervisados y no supervisados. Para las redes neurales utilizadas en este trabajo es necesario emplear algoritmos de aprendizaje supervisados que consisten en modificación sucesiva de los parámetros de la red (pesos y umbrales) hasta que la salida de la red sea lo más próxima posible a la salida deseada o esperada para cada patrón de entrenamiento.

En este sentido se utilizó la arquitectura RNA *Multilayer Perceptron* –MLP- con la técnica de aprendizaje, *backpropagation*, en la que su topología puede tener una capa de entrada con n neuronas, para este caso de estudio, se utilizó una capa con dos neuronas para el primer modelo (la orden de flujo –ODF- y la diferencia entre la DTF y la libor –DDL-, con los siguientes rezagos: ODF_{t-1}, ODF_{t-2}, ODF_{t-9}, ODF_{t-13}, ODF_{t-36}, DDL_{t-1}, DDL_{t-5}, DDL_{t-6}, DDL_{t-8}, DDL_{t-9}, DDL_{t-17}), y cinco neuronas (TRM_{t-1}, TRM_{t-2}, TRM_{t-3}, TRM_{t-14} y TRM_{t-16}) para el segundo modelo⁶⁸, por lo menos una capa oculta (con cuatro y ocho neuronas, para el primer y segundo modelo RNA respectivamente) también con n neuronas, y una capa de salida con m neuronas, para estos modelos se utilizó solamente una neurona de salida –TRM-, en síntesis la RNA considerada posee una arquitectura con una capa de entrada, una capa oculta y una capa de salida, por tanto puede ser expresada como RNA(I, H, O).

Es de resaltar, que el tamaño de la capa de entrada (ODF, DDL) corresponde a la caracterización propia del problema, de acuerdo con esta consideración, la generación de la capa de entrada es proporcional a las variables de mayor relevancia sugeridas en la solución del problema, aplicándole el δ -test se obtuvo el porcentaje de significancia de cada una de ellas para el ajuste y pronóstico de la tasa cambio nominal (TRM). El tamaño de la capa oculta puede ser un factor multiplicativo de la capa de entrada. La capa de salida depende del patrón de resultados que deseamos obtener para la TRM.

La técnica de aprendizaje, se basa en la regla delta generalizada la cual es una técnica basada en el descenso usando la técnica del gradiente para minimizar una función objetivo $W(w_j)$ que es diferenciable con respecto cada uno de los

⁶⁸ Se utilizó el δ – test, ver Anexo A
303

pesos en la red, en este sentido es realmente una técnica de optimización distribuida basada en el descenso, usando la dirección del gradiente, tal que las expresiones de descenso que usan el gradiente aparecen como reglas discretas de actualización de los pesos, que utilizan únicamente información localmente disponible a cada neurona (nodo) y una cantidad que es retropropagada desde las neuronas (nodos) en la penúltima capa, por tanto a continuación se deduce la regla que se utilizó en el modelo de pronóstico de RNA:

La arquitectura funcional de la red es:

$$Y_t = g\left(\sum_{h=1}^H c_h g\left(\sum_{i=1}^I x_{ti} w_{ih} + \theta_h\right) + d\right)$$

Donde los c_h son los pesos que unen la neurona h de la capa oculta con la neurona de la capa de salida y d el umbral de la neurona en la capa de salida, los pesos (w, c) y umbrales (θ, d) son ajustados durante el entrenamiento de la red. La fórmula para el ajuste de los pesos de la red depende de la posición de las capas que conectan los pesos, particularmente si los pesos están en la capa oculta o en la capa de salida.

El modelo base de la red neuronal artificial trabajada es:

$$Y_t = g\left(\sum_{h=1}^H c_h g\left(\sum_{i=1}^I x_{ti} w_{ih} + \theta_h\right) + d\right)$$

2.2 Microestructura de Mercados Financieros y Tasa de Cambio

La microestructura de los mercados financieros es el estudio de los procesos y resultados que se producen en el intercambio de activos bajo reglas de negociación explícitas (Marín y Rubio, 2001).

Dicha microestructura, se centra en la interacción entre los mecanismos del proceso de negociación y sus resultados en términos de precios y cantidades negociadas. Se reconoce que las reglas específicas bajo las cuales se produce el proceso de negociación afectan directamente los resultados de tales procesos, es decir el comportamiento de los agentes en el juego de demanda y oferta determinan el precio y los volúmenes de transacción.

Cuestiones como la eficiencia de un determinado mecanismo de contratación, la naturaleza del proceso de ajuste de los precios ante la llegada de nueva información, y el papel de la información asimétrica entre los diversos agentes que intervienen en las negociaciones son piezas claves de la microestructura de mercados.

La introducción de microestructuras al estudio de la tasa de cambio permite considerar tres elementos que complementan la visión del mercado de activos: información que no es del dominio público, la existencia de diversos actores en el mercado que intervienen de diferente manera y la presencia de varias formas de intercambio, las cuales afectan los precios. La idea central bajo la cual se sustenta este nuevo *approach* es evaluar que verdaderamente quienes definen el precio, son los que intervienen en la compra o venta del activo, y en ese sentido son relevantes sus preferencias dentro del mercado y la manera en que toman las decisiones acerca de comprar o vender. Lo anterior permite una visión complementaria a algunos *puzzles* de la tasa de cambio: explicar la alta volatilidad de la tasa de cambio, el problema de especificación a partir de fundamentos macro y los inexplicables, pero predecibles retornos excesivos a la especulación, a partir de la forma en que las decisiones son tomadas con expectativas racionales y no racionales, y con información pública y privada, por parte de los actores del mercado.

A su vez el sustento de las microestructuras para el estudio de la TCN se resumen en *order flow* y *spread*, el primer concepto se refiere al volumen de transacciones y el sentido de la mismas, es decir el volumen a transar y si se compra o se vende, lo que se asimila al exceso de demanda, toda vez que se realiza una operación no necesariamente implica un equilibrio de suma cero, el segundo a su vez es condicionante del precio en la medida que se adentra en las asimetrías de la información en el mercado financiero.

A modo de resumen, la idea fundamental es que los mecanismos específicos de negociación, contratación y liquidación, así como la organización concreta sobre la que trabajan los intermediarios afectan el comportamiento de los precios. Esto implica que los determinantes de los precios no pueden medirse exclusivamente en términos de rendimiento esperado y múltiples fuentes de riesgo. La propia estructura del mercado es en si misma un determinante de los precios.

Es relevante igualmente mencionar que el enfoque de microestructuras en TCN⁶⁹ modela en la siguiente dirección:

$$\Delta P_t = f(X, I, Z) + \varepsilon_t$$

Donde el cambio en la tasa de cambio nominal entre dos transacciones (ΔP_t) (en contravía de variaciones promedio mensuales de los enfoque macro), es explicado a partir del orden de flujo (X), una medida de la posición del *dealer* o inventario (I) y un conjunto de variables micro adicionales (Z). Sin embargo el presente trabajo se mueve en la dirección de los híbridos, donde el pronóstico de la tasa de cambio (P_t), es explicado por variables micro y macro, de la siguiente manera:

$$P_t = f(X, I, Z) + g(i) + \varepsilon_t$$

Donde, las órdenes de flujo se agregan y además se introduce una variable macro como es: tasas de interés nacionales y extranjeras (i). Esta modelación trata de solucionar los problemas de ajuste de los modelos macro de mercado de activos, en los que este es asociado con las órdenes de flujo no consideradas, que en ambos casos es recogido por el término de error de la función (ε_t), pero es mejor explicado a partir de consideraciones micro. En ese sentido, el presente está interesado en la “Demanda” entendida como el ofrecimiento de compra de una determinada divisa que contiene la información necesaria para identificarla o divulgarla y valorizarla y la “Oferta”, ofrecimiento de venta de una determinada divisa ó contrato que contiene la información necesaria para identificarla o divulgarla y valorizarla, de este sentido el sistema permite la transacción de divisas y /o contratos a través del sistema de mercado spot y sistema de mercado *Next day* (BVC, 2003), como variable micro y el diferencial de las tasas de cambio (DTF y LIBOR) como variable macro, como determinantes de las variaciones diarias de la TCN.

Sobre las órdenes de flujo a nivel colombiano cabe mencionar que las operaciones legales de compra y venta de dólares se desarrollan a través de la Bolsa de Valores de Colombia, específicamente en el Sistema Electrónico de Transacciones e Información del mercado de divisas SET FX, que puede definirse como un mecanismo electrónico a través del cual las entidades afiliadas pueden mediante estaciones de trabajo conectadas a una red computacional, en sesiones de negociación, ingresar ofertas y demandas, cotizar y/o celebrar entre ellas las operaciones, contratos y transacciones propias a su régimen legal en el mercado cambiario, de forma que quedan registradas las operaciones a nivel intradiario.

Adicionalmente es de relevancia mencionar que el mercado de intercambio nacional está organizado como un mercado de negociantes descentralizados con N negociantes, y clientes de los negociantes, los cuales ejecutan sus transacciones concurrentemente con todos los participantes conectados al sistema SET FX. La negociación se inicia todos los días hábiles de lunes a viernes de 8:00 a.m. a 1:00 p.m., generalmente antes del inicio de cada sesión, los negociantes se reúnen con sus respectivos asesores en riesgo y analista económicos para evaluar la tendencia del mercado de divisas y especular sobre las necesidades de los clientes, lo cual va marcar el ajuste del precio y de la forma hasta cuanto los clientes están dispuestos apostarles a al compra y venta de divisas. Durante cada sesión los negociantes ejecutan las órdenes de flujo ya sea ejerciendo presión a la venta o la compra, dependiendo del comportamiento del mercado y de acuerdo con las necesidades de liquidez o comercialización que tengan sus clientes, es de resaltar que cada una de las realizaciones que ejecutan los negociantes y los clientes de los negociantes son independientes distribuidas

⁶⁹ Como modelos originales provenientes de Lyons y Evans (1999).

normalmente, no públicamente observadas entre clientes y negociantes pero si observables entre negociantes.

3. ANÁLISIS EMPÍRICO

3.1 Datos Utilizados

La disponibilidad de bases de datos detalladas sobre la actividad intradiaria y diaria en los mercados financieros ha abierto la posibilidad a investigaciones econométricas sobre el funcionamiento de este tipo de mercados, por tanto se tomo orden de flujo ODF, TRM y el diferencial de la Tasa de Interés Libor DDL, desde 16 de Abril del 2003 al 16 Abril 2004⁷⁰.

El set de entrenamiento de la red neuronal artificial se definió de acuerdo con una medida del error entre los datos generados y el conjunto de entrenamiento (datos reales), por lo general este valor varia, considerando valores pequeños.

En el proceso de entrenamiento es probable, que si la RNA sufre un proceso de sobreentrenamiento, lo que provoca que la RNA entre un *loop* o si sufre un proceso de subentrenamiento, entonces para ambos procesos, la RNA perderá su capacidad de ajuste, pronóstico y generalización (Buitrago y Alcalá, 1998).

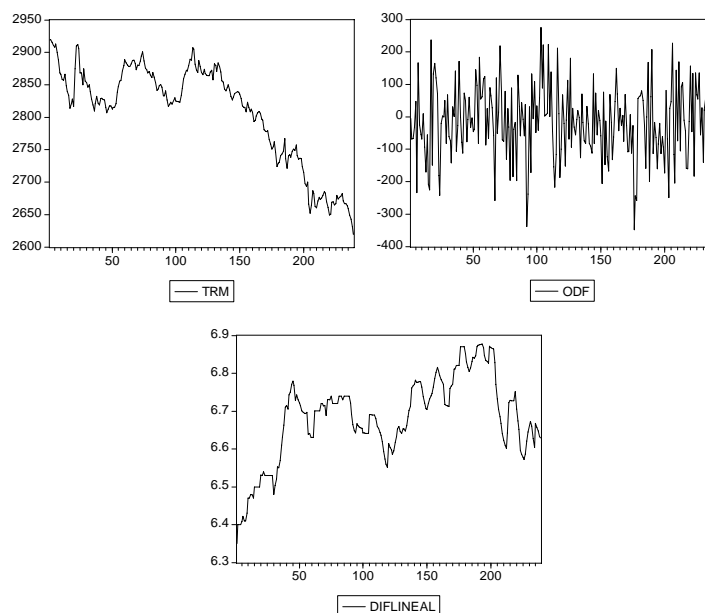
En lo relacionado a la variable diferencial de tasa de interés (DDL) se tomo, la libor a noventa 90 días como componente macroeconómico de la economía estadounidense, la fuente de los datos es el sistema REUTERS y por Colombia se tomo las DTF a noventa 90, estos datos tiene su origen en la pagina Web de Corfinsura.

Finalmente y teniendo en cuenta la definición antes dada de orden de flujo, esta se calcula como la diferencia entre todas las operaciones iniciadas a la compra (T) y todas las operaciones iniciadas a la venta (P) en el mismo día, de tal forma que si $OD > 0$ hay mas intención de compra y por lo tanto una presión al alza en la tasa de cambio – la cual no necesariamente es explicada por variables macro del mercado – y cuando $OD < 0$ se produce el proceso inverso.

3.2 Análisis de Resultados

El gráfico 1 presenta las variables en niveles. Es de esperar, una alta volatilidad, característica de las series de tiempo financieras. Mediante los tests ADF y KPSS se determinó la estacionariedad de las series.

⁷⁰ El mercado de divisas en el país es relativamente nuevo 1991. Anteriormente las operaciones eran registradas, entre otros operadores, por el CITIBANK, y la disponibilidad de datos anteriores al proceso administrado por la BVC, es compleja.



Gráfica No. 1 Series en nivel

	ADF	Valor Crítico 1%	KPSS	Valor Crítico 1%	Decisión
TRM (1)	-1.829393	-2.574714	1.550905	0.739	I(1)
ODF(2)	-15.03944	-3.457747	0.173559	0.739	I(0)
DIFERENCIAL(3)	-2.66635	-3.457865	0.851827	0.739	I(1)

- (1) Q(36) = 44.25(0.163)
- (2) Q(36) = 43.19(0.191)
- (3) Q(36) = 22.937(0.955)

Tabla No. 1 Pruebas De Raíz Unitaria

Los resultados muestran que a un nivel de significancia de 1%, las series TRM y Diferencial de tasas de interés son no estacionarias. La Serie ODF es estacionaria. Adicionalmente se presenta el Test Ljung-Box para el residuo de la regresión auxiliar en cada caso y entre paréntesis el p-value asociado a la prueba.

En el caso de modelos paramétricos se debe considerar esta propiedad de estacionariedad. Más adelante se muestran los resultados del test de cointegración de Johansen y para el caso de modelos univariados de pronóstico de TRM se trabajó con su primera diferencia en logaritmo natural(que corresponde al rendimiento compuesto continuamente).

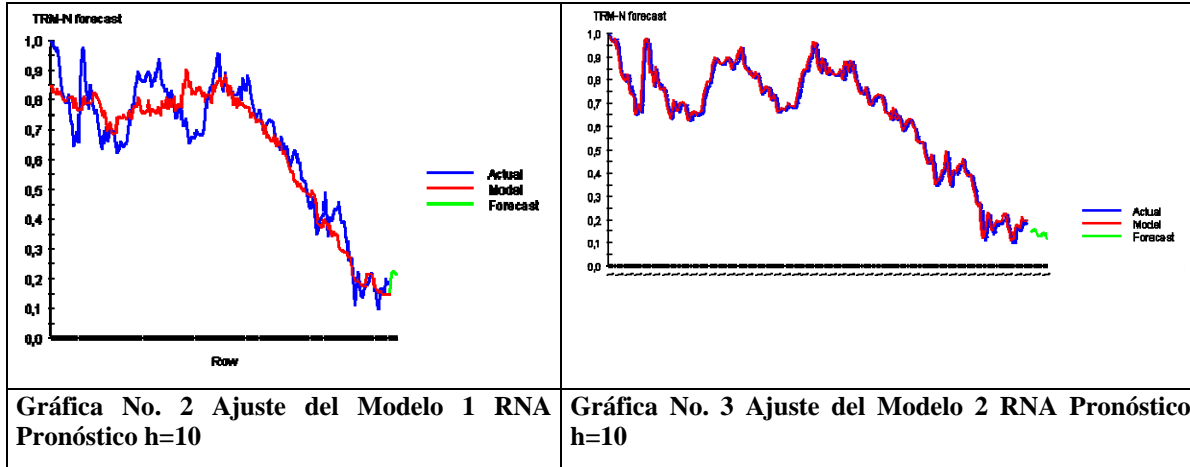
3.2.1 Modelos de Redes Neuronales Artificiales – RNA-

Como se explicó previamente, las RNA no tienen un modelo paramétrico específico, lo que se hizo, fue variar el vector de entrada, variables independientes, orden de flujo, diferencial de tasa de interés (DTF-Libor) en un tiempo t y rezagadas en un τ .

Para el primer modelo al aplicar el δ - test, se obtuvo los siguientes rezagos más significativos para el modelo: $(ODF_{t-1},$

ODF_{t-2}, ODF_{t-9}, ODF_{t-13}, ODF_{t-36}, DDL_{t-1}, DDL_{t-5}, DDL_{t-6}, DDL_{t-8}, DDL_{t-9}, DDL_{t-17})

Para el segundo modelo se considera la TRM rezagada en un $\tau = 1$, como si fuera un AR(p), para este caso el δ – test, arroja significancia para los rezagos TRM_{t-1}, TRM_{t-2}, TRM_{t-3}, TRM_{t-14}, TRM_{t-16}.



Finalmente cabe mencionar que según los pronósticos, se observa que a medida que pasa el tiempo (días) en el modelo 2 de RNA pierde capacidad de predicción, sin embargo, sus estadísticas de prueba (MAPE, RMSE y el aproximado de R2) se comportan adecuados y con valores aceptables, lo cual hace de las técnicas de RNA para pronóstico de la TRM una herramienta viable, de la manera presentada.

	RMSE	MAPE	R ²
	Pronóstico 10 datos		
RNA Modelo 1	0.0775	10.54870	93.54
RNA Modelo 2	0,036	5.671	97.3662

Tabla No. 2 de Estadísticos de los Modelos AR(p) y RNA – Un año

3.2.2 Modelos de Series de Tiempo

- **Análisis Multivariado**

En la siguiente tabla se presenta el test de cointegración de Johansen. En todos los casos se presenta el test de la traza. Los resultados fueron obtenidos utilizando 2 rezagos.

Vectores	Modelo 1	Valor Crítico 1%	Modelo 2	Valor Crítico 1%	Modelo 3	Valor Crítico 1%	Modelo 4	Valor Crítico 1%
Ninguno	99.38	29.75	104.03	41.07	100.82	35.65	106.29	48.45
Al menos 1	7.90(*)	16.31	12.36(*)	24.6	9.59(*)	20.04	14.94(*)	30.45
Al menos 2	2.42	6.51	2.54	12.97	0.00	6.65	3.52	16.26

Tabla No. 3 Test de Cointegracion de Johansen

En todos los casos se encuentra que existe un vector de cointegración. Sin embargo, como se vio anteriormente, una de las variables es $I(0)$, lo cual puede afectar esta conclusión; en particular, esta variable puede ser la que conforma el vector de cointegración. Utilizando el criterio de Schwartz, el modelo que se consideró adecuado fue el primero.

Al estimar el VEC se obtuvo los siguientes resultados:

	TRM	ODF	DIFERENCIAL
Coefficiente	1	32.33773	446.6811
Estadístico t		[10.4216]	[16.9962]

Tabla No. 4 Vector De Cointegracion

Coefficiente	-0.00268	0.024488	-4.18E-07
Estadístico t	[-9.72161]	[5.37546]	[-0.61896]

Tabla No. 5 Matriz Alpha

Exclude	Causada : TRM	
	Test	P-value
D(ODF)	96.86	0.00
D(DIFLINEAL)	2.43	0.30
Causada: ODF		
D(TRM)	2.32	0.31
D(DIFLINEAL)	1.04	0.59
Causada: DIFERENCIAL		
D(TRM)	1.120	0.571
D(ODF)	1.163	0.559
Portamentau(40)	6.99439	0.6377

Tabla No. 6 Causalidad De Granger Y Test Portmanteau

En el anexo B se presenta el componente de corto plazo y la descomposición de varianza para este modelo. Se observa que en el corto plazo, únicamente la variable ODF causa a la tasa de cambio; sin embargo en el componente de largo plazo, las variables ODF y diferencial son significativas. Sobre este modelo se realizó el pronóstico 1 paso adelante para 10 períodos.

- **Análisis Univariado**

Se considero un modelo alternativo sobre la primera diferencia de la tasa de cambio: Un modelo GARCH(1,1).

	COEFICIENTE	Z-	P-
C	-0.05	-2.05	0.04
D21	1.52	9.95	0.00
D25	-1.48	-3.24	0.00
D203	0.87	6.13	0.00
AR(1)	-0.34	-1.23	0.22
MA(1)	0.55	2.31	0.02
	Variance		
C	0.03	1.68	0.09
ARCH(1)	0.27	2.97	0.00
GARCH(1)	0.45	2.19	0.02
	Test		p-
Ljung-Box	34.74	0.17	
Jarque-Bera	0.31	0.85	
Arch(4) Modelo	1.62	0.80	

Tabla No. 6 Modelo Garch(1,1)

	GARCH(1,1)	VEC	MODELO 1 RNA	MODELO 2 RNA
RMSE	22.90	20.66	31.98	17.24
MAPE	17.94	15.72	26.93	12.78

Tabla No. 7 Evaluación Del Pronóstico Con Modelos

Los resultados de evaluación de pronóstico muestran que el modelo 2 de Redes Neuronales presenta mejor pronóstico que los modelos paramétricos presentados.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Este trabajo se mueve en la misma dirección de los recientes trabajos de Evans y Lyons de las microestructuras y tasa de cambio, haciendo una primera aproximación al caso colombiano, unido a una nueva metodología no-lineal para modelar –RNA- planteado para el caso de la inflación por Misas, López y Querubín (2002). Este enfoque permite analizar cómo las señales son percibidas de diferente forma por los agentes y de alguna manera se reflejan en la microestructura de la información, siendo, de todas maneras, asimetrías propias del mercado de divisas.
- El uso de –RNA- que son típicamente modelos estadísticos no lineales, que pueden ser expresadas como un modelo genérico de aproximación de funciones permitió pronósticos aceptablemente buenos para un modelo de TRM, según el RMSE, con la inclusión de la variable microeconómica, orden de flujo. Adicionalmente se verificó la existencia de no linealidad del tipo RNA. Quedaría por verificar el comportamiento de otros modelos del tipo heterocedasticidad condicionada, y por vectores autorregresivos de análisis uni y multivariado para robustecer la formalidad econométrica y lanzarse de esa manera a conclusiones mayormente fuertes.

- El poder explicativo de las variables macroeconómicas, tal como mencionan Evans y Lyons (1999), en el comportamiento del tipo de cambio en el corto plazo –*diario*- es poco significativo, ya que para los modelos desarrollados se comportan como no significativas, en este sentido el mercado financiero con su comportamiento especulativo, explicado en gran parte por las órdenes de flujo es un determinante del precio del dólar en el corto plazo, ya que el volumen diario de negociación supera en gran medida el volumen de las ofertas y demanda reales de la economía, lo que explica en gran parte el poder del mercado financiero en la determinación del precio de las mismas.
- La propia estructura del mercado es en si mismo es un determinante de los precios y de la determinación de la tasa de cambio nominal, específicamente la orden de flujo, como indicador de los mecanismos de negociación, contratación y liquidación, afecta el comportamiento de los precios.
- Como recomendación a nivel metodológico, sería adecuado iniciar el estudio de líneas de investigación que fusionen diferentes técnicas de la computación bio-inspirada como los algoritmos genéticos y la lógica difusa, para así de esta forma obtener métodos predictivos y de optimización mas eficaces y potentes, ya que éstas tratan de simular comportamientos humanos de maneras diferentes a las tradicionales modelaciones lineales y computacionales.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. Baillie, R. and T. Bollerslev (1989). “Common stochastic trends in a system of exchange rates”, *Journal of Finance*, 44, 167-181.
2. Barkoulas, T., Baum, C., Caglayan, M., Chakraborty, A (2000). “Persistent dependence in foreign exchange rates? A reexamination”. Department of Economics and Accounting. University of Liverpool
3. Buitrago, A., Alcalá, J., (1998). “Análisis, Diseño e Implementación de un Prototipo de Sistema Neuronal Para Pronóstico de Series de Tiempo Económicas”. Departamento de Ingeniería de Sistemas. Universidad nacional
4. Blanchard, O., (1979). “Speculative bubbles, crashes, and rational expectations”, *Economics Letters*, 14: 387-389.
5. Cárdenas, M. (1997). “La tasa de cambio en Colombia”, Editores Tercer Mundo S.A. Primera Edición. Bogotá.
6. Diebold, F. and J. Nason (1990).” Nonparametric exchange rate prediction?”, *Journal of International Economics*, 28, 315-332.
7. Dominguez, K., (1986).”Are foreign exchange forecasts rational? New evidence from survey data”, *Economic Letters*, 21: 277-281.
8. Dornbusch, R., (1982). “Equilibrium and disequilibrium exchange rates, *Zeitschrift fur Wirtschafts und Sozialwissenschaften*”, 102: 573-799; reprinted in R. Dornbusch,
9. *Dollars, Debts and Deficits*, MIT Press: Cambridge, MA.
10. Engel, C. and J. D. Hamilton (1990). “Long swings in the dollar: Are they in the data and do markets know it?”, *American Economic Review*, 80, 689-713.
11. Evans, M., Lyons, R. (1999). “Order Flow and Exchange Rate dynamics”. NBER Working Paper No. 7317.
12. Evans, M., Lyons, R. (2004). “A New Micro Model of Exchange Rate Dynamics”.
13. Frankel, J., and A. Rose, (1995). Empirical research on nominal exchange rates, in G.
14. Grossman and K. Rogoff (eds.), *Handbook of International Economics*, Elsevier Science: Amsterdam, 1689-1729.
15. Flood, R., and A. Rose, (1995).” Fixing exchange rates: A virtual quest for fundamentals”, *Journal of Monetary Economics* 36, 3-37.
16. Gradojevic, N., Yang, J. (2000). “The Application Of Artificial Networks To Exchange Rate Forecasting: The Role Of Market Microstructure Variables” Bank of Canada December 2000, working paper 2000-23.
17. Hau, H., (1998).” Competitive entry and endogenous risk in the foreign exchange market”, *Review of Financial Studies*, 11: 757-788.
18. Hu, M.Y., G. Zhang, C.X. Jiang, and B.E. Patuwo. (1999). “A Cross-Validation Analysis of Neural Network Out-of-Sample Performance in Exchange Rate Forecasting.” *Decision Sciences* 30 (1): 197–216.

19. Kuan, C-M. and T. Liu (1995).” Forecasting exchange rates using feedforward and recurrent neural networks”, *Journal of Applied Econometrics*, 10, 347-364.
20. Jalil, M. y Melo, L.F. (1999). “Una relación no lineal entre la inflación y los medios de pago”. Borradores de Economía Banco de la República.
21. Lyons, R (2001). “The microstructure approach to exchange rates”. MIT press.
22. López, A.(1987). “Las minidevaluaciones en Colombia: un largo de búsqueda de una tasa de cambio libre, pero intervenida”, EN: 20 años del régimen de cambios y de comercio exterior. Banco de la República, Bogotá.
23. Marín, C., Rubio, G. (2001). Economía Financiera. Barcelona: Antoni Bosch.
24. Manrique, C. (2001).”La Modelización del Tipo de Cambio de la Peseta y el Marco Alemán Durante el Período 1987-1996”. Fundamentos de Análisis Económico.
25. Meese, R., and K. Rogoff, (1983a). “Empirical exchange rate models of the seventies, *Journal of International Economics*”, 14: 3-24.
26. Meese, R., and K. Rogoff, (1983b). The out-of-sample failure of empirical exchange rate models, in J. Frenkel (ed.), *Exchange Rate and International Macroeconomics*, University of Chicago Press: Chicago.
27. Meese, R., and K. Rogoff, (1988).” Was it real? The exchange rate-interest differential relation of the modern floating-rate period,” *Journal of Finance*, 43: 933-948.
28. Meese, R., Rogoff, K. (1983). “Empirical Exchange Rate Model of the Seventies: Do They Fit Out of Sample?” *Journal of International Economics* 14: 3–24.
29. Meese, R. A. and A. K. Rose (1991). “An empirical assessment of nonlinearities in models of exchange rate determination”, *Review of Economic Studies*, 80, 192-196.
30. Meese, R.A. and A.K. Rose. (1990). “Nonlinear, Nonparametric, Nonessential Exchange Rate Estimation.” *The American Economic Review* 80 (2): 678–91.
31. Meese, R.A. and A.K. Rose. (1991). “An Empirical Assessment of Non-Linearities in Models of Exchange Rate Determination.” *Review of Economic Studies* 58 (3): 603–19.
32. Montenegro, A.(2001).“*Redes Neurales Artificiales*” Documentos de investigación, Departamento de economía, Pontificia universidad Javeriana.
33. Oliveros C, H. y Huertas C, C. (2002). “Desequilibrios nominales del tipo de cambio en Colombia”. Borrador4es d economía. Banco de la República.
34. Plasmans, J., W. Verkooijen, and Daniels, H. (1998). “Estimating Structural Exchange Rate Models by Artificial Neural Networks.” *Applied Financial Economics* 8: 541–51.
35. Steiner, R.(1987). “El manejo de la tasa de cambio y el estatuto cambiario: los objetivos de largo plazo y los desarrollos coyunturales”, EN: 20 años del régimen de cambios y de comercio exterior. Banco de la República, Bogotá.
36. Torres, L., Hernández, G., Niño, L.(1994). Redes Neuronales. Bogota. Departamento de Matemática. Universidad Nacional de Colombia.
37. Urrutia, M. (1981). “Experience with the crawling peg in Colombia” *IN*: J. Williamson, ed., Exchange Rate Rules, St. Martinus Press. NY
38. Universidad Tecnológica de Pereira.(2000). “Redes Neuronales artificiales”. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Disponible en <http://ohm.utp.edu.co/neuronales>
39. Wiesner, E. (1978). “Devaluación y mecanismos de ajuste en Colombia” EN: Política económica externa en Colombia. Asociación Bancaria de Colombia, Bogotá, pp. 123-224.
40. Verkooijen, W. (1996.). “A Neural Network Approach to Long-Run Exchange Rate Prediction.” *Computational Economics* 9: 51–65.
41. Zhang, G. and M.Y. Hu. 1998. “Neural Network Forecasting of the British Pound/US Dollar Exchange Rate.” *International Journal of Management Science* 26 (4): 495–506.
42. Mills, T(1999) The Econometric of Financial Modelling. Second Edition. Cambridge University Press.
43. Brooks, J(2002) Introductory Econometrics For Finance. Cambridge University Press.
44. Terasvirta, T et al(1994) Aspects of Modelling Nonlinear Time Series. Handbook of Econometrics. Chapter 48.

Anexo A: Formulación General del δ – test

Sea x_t una serie de tiempo, $t = 1, 2, 3, \dots, N$

$$x_t = f(x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_{t-d}) + g(r_t, r_{t-1}, \dots, r_{t-k}) \quad (1)$$

La serie de tiempo es representada como una sucesión de N puntos $z(i)$ en un espacio de dimensión $(d+1)$, $(d=0,1,2,\dots)$

$$z(i) = (z_0(i), z_1(i), \dots, z_k(i), \dots, z_d(i)) \quad (2)$$

Donde $z_k(t) = x_{t-k}$. definiendo :

$$\begin{aligned} l_k(i, j) &= |z_k(i) - z_k(j)|, & k = 0, 1, \dots, d \\ n(l_0 \leq \varepsilon, l \leq \delta) &= n(l_0 \leq \varepsilon, l_1 \leq \delta, l_{12} \leq \delta, \dots, l_d \leq \delta) \\ n(l \leq \delta) &= n(l_1 \leq \delta, l_{12} \leq \delta, \dots, l_d \leq \delta) \end{aligned} \quad (3)$$

Se obtienen los valores de probabilidades para la dimensión:

$$\begin{aligned} P(l_0 \leq \varepsilon, l \leq \delta) &= \frac{1}{N_{par}} n(l_0 \leq \varepsilon, l \leq \delta) \\ P(l \leq \delta) &= \frac{1}{N_{par}} n(l \leq \delta) \end{aligned} \quad (4)$$

Donde N_{par} es el número total de parejas de vectores. A partir de las anteriores definiciones se calculan las probabilidades condicionales de la ecuación (5).

$$\begin{aligned} P_d(\varepsilon|\delta) &\equiv P(l_0 \leq \varepsilon | l \leq \delta) = \frac{P(l_0 \leq \varepsilon, l \leq \delta)}{P(l \leq \delta)} \\ P_d(\varepsilon) &= \max_{\delta > 0} P_d(\varepsilon|\delta) = P_d(\varepsilon|\delta) \Big|_{\delta \leq \delta_\varepsilon} \end{aligned} \quad (5)$$

$P_d(\varepsilon)$ mide qué tan bien la dinámica puede ser modelada en términos de la variable d . Para cuantificar la dependencia de cada una de las variables, es conveniente definir el *índice de dependencia*:

$$\lambda_d(\varepsilon) = \frac{P_d(\varepsilon) - P_{d-1}(\varepsilon)}{1 - P_0(\varepsilon)}, \quad d = 1, 2, \dots \quad (6)$$

y su promedio sobre ε

$$\bar{\lambda}_d(\varepsilon) = \frac{\int_0^\infty d\varepsilon \lambda_d(\varepsilon) (1 - P_0(\varepsilon))}{\int_0^\infty d\varepsilon (1 - P_0(\varepsilon))} = \frac{\int_0^\infty d\varepsilon (P_d(\varepsilon) - P_{d-1}(\varepsilon))}{\int_0^\infty d\varepsilon (1 - P_0(\varepsilon))} \quad (7)$$

Para un sistema determinístico libre de ruido, $P_d(\varepsilon)$ se satura a 1 para $d \geq d_0$ y se tiene

$$\sum_{d=1}^{d_0} \bar{\lambda}_d = \sum_{d=1}^{d_0} \lambda_d(\varepsilon) = 1 \quad (8)$$

Anexo B -Componente De Corto Plazo – Vec

Error Correction:	D(TRM)	D(ODF)	D(DIFLINEAL)
CointEq1	-0.00268 [-9.72161]	0.024488 [5.37546]	-4.18E-07 [-0.61896]
D(TRM(-1))	-0.16032 [-2.50996]	-1.605227 [-1.51920]	5.39E-05 [0.34402]
D(TRM(-2))	-0.07862 [-1.55135]	0.008388 [0.01000]	-0.000121 [-0.97518]
D(ODF(-1))	-0.05091 [-6.15994]	-0.214042 [-1.56548]	-9.01E-06 [-0.44446]
D(ODF(-2))	-0.00274 [-0.48561]	-0.101893 [-1.09048]	-1.30E-05 [-0.93642]
D(DIFLINEAL(-1))	-4.59097 [-0.18186]	-50.08267 [-0.11993]	0.23435 [3.78351]
D(DIFLINEAL(-2))	-35.1767 [-1.42513]	-380.8994 [-0.93286]	0.137912 [2.27720]
D9	-29.2282 [-4.02189]	-73.35969 [-0.61023]	0.02447 [1.37233]
D21	44.99588 [6.14487]	105.7153 [0.87274]	-0.005439 [-0.30276]
D22	31.92607 [4.04969]	146.2174 [1.12120]	-0.000185 [-0.00957]
D25	-21.5619 [-2.96531]	-23.33663 [-0.19401]	0.001495 [0.08381]
D120	2.336862 [0.32214]	67.2767 [0.56064]	0.06987 [3.92559]
D62	-0.49423 [-0.06887]	-75.50492 [-0.63609]	0.06922 [3.93156]
D214	2.653032 [0.36252]	100.8995 [0.83346]	0.06946 [3.86834]
D57	-7.45664 [-1.03198]	66.56916 [0.55694]	-0.05681 [-3.20445]
R-squared	0.598634	0.506211	0.304177

Nuevas formas en la captura de datos para la Gestion Documental.

Augusto E. Bernuy

Universidad Pontificia de Salamanca, Facultad
de Informática, Madrid, España, 28040
abernuy@uni.edu.pe

Luis Joyanes

Universidad Pontificia de Salamanca, Facultad
de Informática, Madrid, España, 28040
luis.joyanes@upsam.net

ABSTRACT

We need to identify the problematic one of each type of organization to create life between its processes, systems and people based on the vision of each organization. We want to capture the knowledge in the people, the necessities of the users and to implement effective collaboration among them, in sum we want to improve the performance of the intellectual capital in the organization. In order to obtain it is necessary to define the strategies of the organization, we need the innovating development of new technology that allows to automate every better time but and the internal processes and external as well as the development of mechanisms that allow to store and to recover information, documents and necessary content for performance of the organization. Important developments in the field of the documentary management exist, many of them are really valuable, but their approaches are given from the computer science perspective where visual language are the most important element for interact with the system, the register of data and great development in Data bases and obtaining results of each user defined. They really see well. Then a question is: ¿so that there is certain doubts in waiting for an improvement in these systems? The answer seems to be in that the systems have not been designed considering to the user like center of the process and that will be the approach in our investigation.

Keywords: Collaboration in documentary management, capital intellectual based in information management, model GICI, to identify collaboration necessities.

RESUMEN

Necesitamos identificar la problemática de cada tipo de organización para crear sinergia entre sus procesos, entre sistemas y personas en función de la visión de cada organización. Queremos además capturar el conocimiento en las personas, las necesidades de los usuarios e implementar la colaboración eficaz entre ellos, en suma queremos mejorar el desempeño del capital intelectual en la organización. Para lograrlo es necesario definir las estrategias de la organización, necesitamos el desarrollo innovador de nueva tecnología que permita automatizar cada vez mas y mejor los procesos internos y externos así como el desarrollo de mecanismos que permitan almacenar y recuperar información, documentos y contenido necesario para el desempeño de la organización. Existen desarrollos importantes en el campo de la gestión documental, muchos de ellos son realmente valiosos, pero sus enfoques están dados desde la perspectiva informática donde se apoya mucho el lenguaje visual del usuario para interactuar con el sistema, se apoya el registro de datos y por supuesto gran desarrollo en Bases de Datos y obtención de resultados predefinidos por el usuario. Realmente se ven bien. Entonces uno se pregunta: ¿por que hay cierta nostalgia en esperar una mejora en estos sistemas? La respuesta parece estar en que los sistemas no han sido diseñados teniendo en cuenta al usuario como centro del proceso y ese será el enfoque en nuestra investigación.

Palabras claves: Colaboración en gestión documental, capital intelectual basado en gestión de información, modelo GICI, identificar necesidades de colaboración.

1. INTRODUCTION

Los estudios y propuestas sobre la importancia del conocimiento en la gestión, y en la economía se observan en la obra Principios de Economía de Alfred Marsall⁷¹ publicada en 1890. Con el paso de los años los economistas siguen tratando estos temas desde las perspectiva del uso de recursos en la economía mundial, donde hoy se sabe que el conocimiento juega el rol mas importante a los recursos ya conocidos de la era industrial como la tierra, capital y trabajo. La investigación aborda la gestión de la información, también conocida como gestión documental en la organización. “El desarrollo de la Sociedad de la Información y de las Tecnologías de la Información ha generado en el tejido empresarial la necesidad de contar con sistemas que permitan una gestión eficaz de los recursos de información y documentación de las empresas. Este hecho ha favorecido la reciente aparición y fuerte crecimiento de un sector de empresas, denominadas, de servicios documentales, que producen productos y servicios relacionados con la gestión de información, documentación y conocimiento”. [7] Además la gestión del conocimiento es aplicable a cualquier organización sin buscar necesariamente el beneficio económico, como sucede en las organizaciones universitarias e instituciones de la administración pública. En este contexto enfocamos la gestión documental desde la perspectiva de la ingeniería de sistemas, donde nuestro interés es de mejorar la ventaja competitiva de la organización y en forma particular se analizan unas propuestas para una organización universitaria, junto a los avances logrados a favor de la gestión documental. Se presenta el desarrollo de un modelo de arquitectura de sistemas que permita lograr la colaboración en los procesos y personas de la organización integrando los avances de las TI basados en sistemas de información y agentes inteligentes, donde se propone un modelo de captura de necesidades que permitirá identificar los requerimientos de colaboración entre los procesos, sistemas y personas.

2. ESTADO DEL ARTE

La gestión documental, unida al tejido empresarial, es parte importante y para muchos indispensable en la gestión del conocimiento en una organización, además la gestión del conocimiento es una disciplina que impacta en forma directa sobre el capital intelectual y por ello se debe enfocar dentro del análisis de la gestión del capital intelectual. Es común que en las organizaciones el conocimiento permanezca en las personas, e inclusive algunas de ellas simplemente no piensan ni desean compartirlo por que creen que es su fuente de ventaja laboral y económica. Mas aún, dado que puede diferenciarse entre el personal que participa, los trabajadores conocedores, de los empleados del conocimiento, la brecha que existe entre el resto de la organización puede ampliarse en lugar de reducirse.

“...El conocimiento es un recurso importante para las organizaciones empresariales.” [1] si bien son un buen ejemplo empresas como Microsoft o Dell al cotizar en la bolsa multiplicando varias veces su valor contable, podemos imaginar el valor de este recurso en organizaciones que están al servicio de una sociedad, como las universidades o las instituciones de la administración pública, donde el valor de los intangibles debe beneficiar directamente a sus integrantes. En este contexto, la gestión del conocimiento ya no es una tendencia de futuro imprescindible, sino que es una realidad, pero hace algunos años existían dudas sobre su real dimensión, como decía Carlota Bustela Ruesta⁷² “no hay nada nuevo bajo el sol, sobre todo para aquellos que trabajamos con la gestión de la información”, en el año 2001. [1]. Hoy debemos tener una visión de largo alcance y ser concientes que hay mucho camino por recorrer dentro del contexto de la Dirección y Gestión del Capital Intelectual.

2.1. La Gestión de la Información y Gestion documental

Es el conjunto de actividades realizadas con el fin de controlar, almacenar y, posteriormente, recuperar adecuadamente la información producida, recibida o retenida por cualquier organización en el desarrollo de su quehacer diario. En el

⁷¹ Alfred Marshall nació en 1842 en Capham. En 1861 ingresó en el St. John's College, de Cambridge, donde se licenció en Matemáticas. En 1883 sucede a Arnold Toynbee en los cargos de fellow de Balliol, Oxford, y de lector de Economía. En 1885 ocupa la Cátedra de Economía de Cambridge

⁷² Carlota Bustelo Ruesta experta en el ámbito de la gestión documental, y en la estructuración de contenidos

centro de la gestión de la información se encuentra la gestión de la documentación (la información que queda plasmada en documentos) y que puede ser de tres tipos: Interna, Externa y Pública. “Una tendencia es la búsqueda incesante de nuevas denominaciones, que permitan presentar de forma atractiva a los empresarios y directivos, proyectos que de otra manera serían difíciles de vender, pero que sustancialmente se asientan en los mismos principios. La solidez de estos principios, en nuestra opinión, debe basarse en las aportaciones de la archivística, la biblioteconomía y la documentación, convenientemente adecuadas a los nuevos entornos tecnológicos, y marcando un camino de integración imparable de todo tipo de información. Y en este camino, la denominación "gestión de contenidos" demuestra lo que desde hace años muchos venimos predicando que es la necesidad de tratar de manera global y sistemática distintos tipos de información: (a) La información interna que se produce en el ejercicio de la actividad, (b) La información que proviene de fuentes externas y (c) La información pública que la organización quiere transmitir a su entorno” [2]

2.2. Información y Contenidos

Para nosotros la información es todo aquello que es capaz de ser analizado y estructurado para tomar una decisión, normalmente hablamos de información estructurada o semi-estructurada, es por ello que los sistemas de información tienen una labor fundamental en la toma de decisiones. Esta información se presenta en expectativas de atención, problemas de un usuario, reglas para efectuar una tarea, política, cultura, estrategia o visión compartida, además de la actividad que se realiza en el entorno de una organización. Debemos entender y procesar información no estructurada, como problemas similares en entornos diferentes donde lo único cierto es la situación cambiante, la incertidumbre, el riesgo, y el conecjo que da la experiencia, y en esa línea debemos apoyarnos en tecnología de agentes inteligentes. Contenido se refiere solo a aquello que puede ser motivo de archivar y que es propio de la organización, difícilmente hablaríamos de contenido si nos referimos a la información del entorno, como el gobierno, los proveedores o la sociedad misma. Contenido es el motivo de una solicitud ya sea escrita, telefónica, verbal o digital; contenido es el remitente y el destinatario; contenido es el resultado de una evaluación; contenido es la queja de un cliente sobre la atención que recibe de la organización. Adicionalmente contenido es la forma como estructuramos nuestra información, por ejemplo necesitamos de los metadatos para ordenar y catalogar el contenido de información en nuestra organización y de estándares para el registro de la información a la que nos referimos como contenido. En el estudio titulado [Análisis preliminar de bibliotecas digitales en las universidades españolas](#) se muestra como descripción del contenido a los desarrollos en Metadatos, y el formato se refiere a la tecnología disponible como HTML, XML o PDF. [11] Regresando a la gestión de la información, “...sin una adecuada gestión de la información, es imposible llegar a la gestión del conocimiento...es el paso previo que cualquier organización debería dar antes de tratar de implantar un sistema de gestión del conocimiento”. [1] Lo que sucede es que mientras los sistemas de procesamiento de datos solo gestionaban datos, los Sistemas de Información están almacenando información y gestionando información hace muchos años: En sistemas propios o en los nuevos desarrollos denominados Datawarehouse; en nuevos sistemas Workflow que contienen el flujo natural de los procesos y toma de decisiones de la organización; además existen las aplicaciones de Agentes. Entonces las Tecnologías de Información han estado brindando un soporte oculto a la Gestión de la Información, que hoy debemos redimensionar y otorgar su propia metodología, valoración y propuesta de desarrollo futuro desde la perspectiva de la Ingeniería de Sistemas.

La figura 1 muestra en el interior el concepto de gestión de la información propuesto por Bustelo, luego se añade nuestro aporte en el parte exterior, denominada gestión del conocimiento, con los siguientes elementos: (a) Portales del Conocimiento, que tienen el encargo de diseminar la información de la organización, lograr el aprendizaje y la mejora continua; (b) Sistemas de Información, que contiene el procesamiento de información del interior y del entorno de la organización para la toma de decisiones, (c) Inteligencia Colaborativa, contienen las aplicaciones de Agentes y (d) Intranet y Extranet, contienen las aplicaciones del negocio, y los servicios Web. Y a su vez proponemos que estos elementos son la base para la gestión del capital intelectual, desde el enfoque de “Dirección del Capital Intelectual.” Ello es posible con la colaboración de las personas de la organización: “En una organización puede existir un perfecto modelo de gestión de la información, pero si los individuos no lo utilizan es imposible que se cree conocimiento. Por esta razón otra de las tendencias muy involucradas en la definición de la gestión del conocimiento es la que proviene de la gestión de los recursos humanos. La gestión de la motivación, del talento, del trabajo en equipo y, sobre todo, la creación de un ambiente de trabajo que facilite compartir ideas, es una tarea a la que difícilmente se accede a través de la gestión de la información.” [1] Debemos tener la mente puesta en varios frentes, con una estrategia que permita la gestión del capital intelectual a través de la gestión del conocimiento y la gestión de la información.

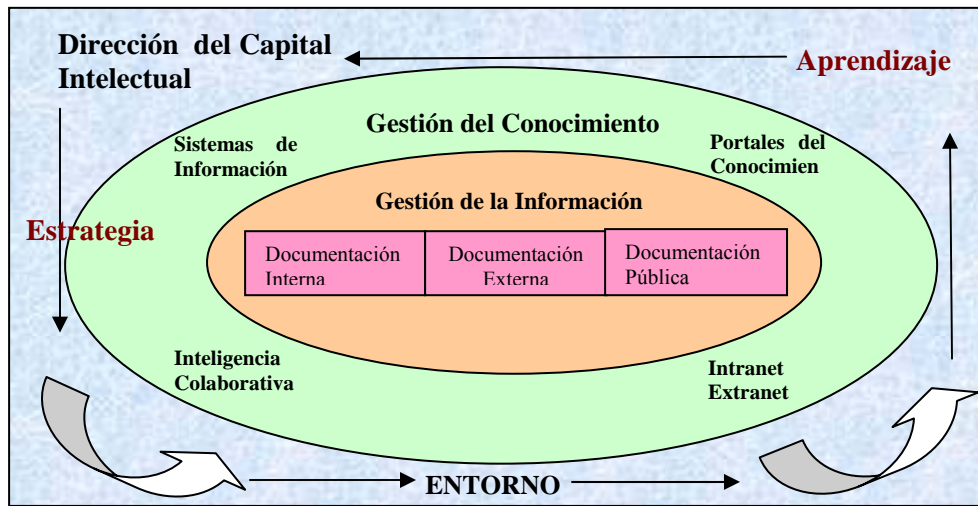


Figura 1. Modelo GICI. La Gestión de Información como base del Capital Intelectual, adaptación de la gestión de información como base de la gestión del conocimiento. Fuente: Bustelo. Adaptación Propia.

“El concepto de Gestor de Información (o de recursos de información), es una adaptación del término inglés Information Resources Manager (o IRM). Esta denominación fue muy utilizada en Estados Unidos en la pasada década, designando con ella al conjunto de profesionales dedicados a gestionar de manera integrada los recursos de información de una organización; fue una adaptación al mundo de la empresa del término Record Manager con el que se designaba al gestor de documentos en los Archivos Federales. Vickers define esta actividad, la Gestión de Información (Information Management), de la siguiente forma: "la Gestión de la Información no trata simplemente de documentos, mensajes y datos, sino del aparato entero del manejo de información, que en la mayoría de las organizaciones está hoy en estado de anarquía. Tales destrezas en el manejo de información están dispersas entre los científicos de la información, bibliotecarios, personal del proceso de datos, diseñadores de sistemas, gestores de registros, y en una gran variedad de departamentos diferentes (...) Gestión de Información significa llevar algún orden donde solo hay caos ". [6]

2.3. Metadatos

“El problema de preservar la información digital ahora ha adquirido gran importancia. A medida que la cantidad de información digital continúa creciendo, la preocupación por mantener esta información accesible aumenta. Como elementos para describir documentos digitales o DLO (Document Like Object), los metadatos juegan un papel importante en proveer información sobre los aspectos lógicos del DLO, y por lo tanto, en todas las tareas relacionadas con la preservación. Al mismo tiempo, el metadato es información digital, así que su preservación debe ser considerada. A este respecto, varios proyectos y grupos de trabajo se han dedicado a estudiar el uso del metadato para la preservación digital y la preservación de los mismos metadatos.” [8] Los metadatos, junto a la iniciativa Dublín Core DCMI (Dublin Core Metadata Initiative) y el conjunto de elementos ISO 15836-2003, constituyen una de las infraestructuras para dar alcance a los nuevos retos, como lo son: la Web Semántica, la biblioteca digital y la gestión documental, por ello debemos proponer una ampliación de su contexto actual.

3. PROPUESTAS AL DISEÑO DE GESTIÓN DOCUMENTAL

Los documentos digitales deben tener las siguientes características: [12] (1) Facilidad de manipulación; (2) Existencia de enlaces con otros documentos; (3) Soporte transformable; (4) Capacidad de búsqueda interna; (5) Transporte casi instantáneo; (6) Replicación infinita. A ellas añadimos: (7) identificación de fuente de última actualización; (8) usos en los que ha sido productivos; (9) motivo de creación del documento; (10) capacidad de ser generado por un proceso automático de Workflow; (11) principales usuarios a los que son útiles; (12) necesidad de tener una copia impresa por

cada usuario. Dado que deseamos procesos centrados en el usuario, “...un problema ya formulado por la documentación: se están preocupando por establecer marcos y procesos de creación y mantenimiento de documentos, exclusivamente desde una perspectiva de diseño y producción industrial de software, olvidando el objetivo y destino final de aquellos, que es la satisfacción de las necesidades informativas del usuario”. [TRA-04]. Para todos ellos debemos asegurar: (a) Necesidades, (b) Conocimientos y (c) Habilidades

3.1. Entornos colaborativos

Tiene muchas formas de entenderse, y según sea la óptica con que se mire habrán algunas diferencias en su definición, pero en términos simples es cuando existe un ambiente apropiado para que unos colaboren con otros y se produzca la colaboración cuando alguien la necesita. Alguien necesita la colaboración, desde nuestra perspectiva estos actores pueden ser personas, procesos o sistemas. Algunas ventajas de un entorno colaborativo: (1) El conocimiento reside en la organización y no en las personas, minimizándose el impacto derivado de la pérdida de figuras clave, contando con procesos automatizados se eliminan los errores por la intervención humana en tareas rutinarias y se tiende a eliminar aquellas que no aportan valor; (2) Estamos en punto de apoyo donde se generan canales que favorecen la comunicación en organizaciones geográficamente distribuidas y se minimizan los costes con respecto a los flujos y procesos establecidos en soluciones tradicionales. Debe existir colaboración entre personas, procesos y sistemas. Lo normal es que una persona haga su tarea, con la mejor intención, pero de forma solitaria, individual (para eso se les asigna un salario). Trata de resolver un problema utilizando su mejor criterio, basados en una visión y experiencia propia, con una apreciación limitada del escenario y dominio del problema. En este caso los resultados serán limitados; por el contrario si una persona cuenta con una gran visión y experiencia resolverá con éxito una y muchas otras tareas. Los directores desean tener este tipo de personas en su organización, pero son muy pocas las personas. Una persona tendrá éxito si tiene la colaboración de otras personas que conocen y dominan el escenario del problema. Nuestro objetivo será es identificar cuando una persona requiere de ayuda y los procesos, variables, información y documentación relacionada.

Por ejemplo: "Caso A": (a.1.) se recibe una tarea, solicitud, o pedido; (a.2.) se sabe que hacer o no se sabe; (a.3.) si se sabe que hacer, puede necesitar mas información, pero no se sabe toda la información que existe; (a.4.) si requiere de una actuación de otra área, se traslada pedido; (a.5.) se completa la evaluación; (a.6.) se prepara la respuesta, puede necesitar una firma de nivel superior; (a.7.) se envía la respuesta. Los pasos que se pueden ahorrar en una situación que no requiere evaluación son (a.3), (a.4) y (a.5). La pregunta es que sucede cuando en el punto (a.2) no se sabe que hacer, el flujo sería el siguiente, "Caso B": (b.1.) se recibe una tarea o solicitud; (b.2.) no se sabe que hacer; (b.3.) se piensa con una lógica propia de la persona; (b.4.) se puede solicitar tímidamente un consejo; (b.5.) se recibe información mínima; (b.6.) se prepara la evaluación; (b.7.) se envía la respuesta. El caso A tiene un resultado normalmente favorable aunque sin toda la información disponible, el caso B resulta una gran decepción. Un caso mejor será, "Caso C": (c.1.) se recibe la tarea o solicitud; (c.2.) se sabe que hacer y se sabe que se requiere información adicional; (c.3.) se consulta a un experto; (c.4.) se consigue toda la información relevante; (c.5.) se envía a otra área si corresponde; (c.6.) se completa la evaluación; (c.7.) se envía la respuesta. Nuestro enfoque es capturar la información necesaria que nos permita completar con éxito los pasos (c.1) y (c.2.) La figura 2 muestra cuando una persona que conoce el dominio del problema analiza si para efectuar una determinada tarea, solicitud, o pedido, necesita de alguna información adicional y la solicita a la fuente correcta.

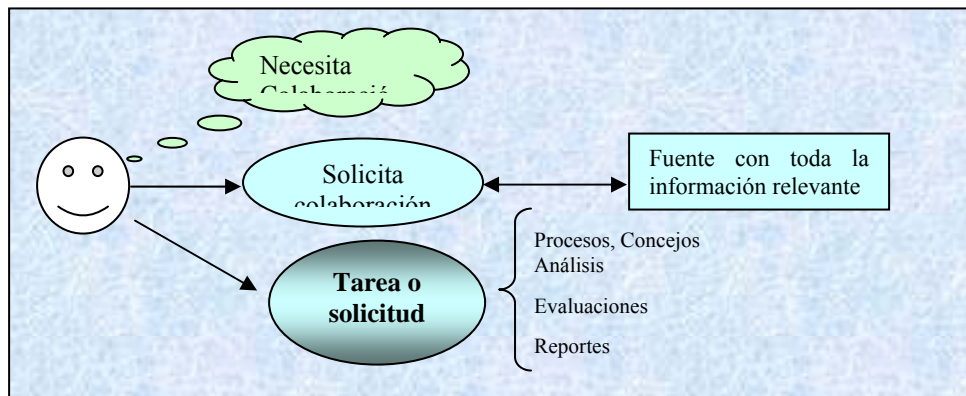


Figura 2. Un usuario Identifica sus necesidades de colaboración. Fuente: Propia

Para lograr capturar las necesidades de los usuarios deberemos apoyarnos en procesos que analicen el Workflow de la organización y a través de agentes se diseñen los algoritmos para la obtención de la colaboración que se necesita.

3.2. Propuestas de Diseño.

Una arquitectura tecnológica nos permite visualizar en tres dimensiones como se ve el sistema para un usuario común, en este caso vamos incluir el componente de colaboración. Ver figura 3.

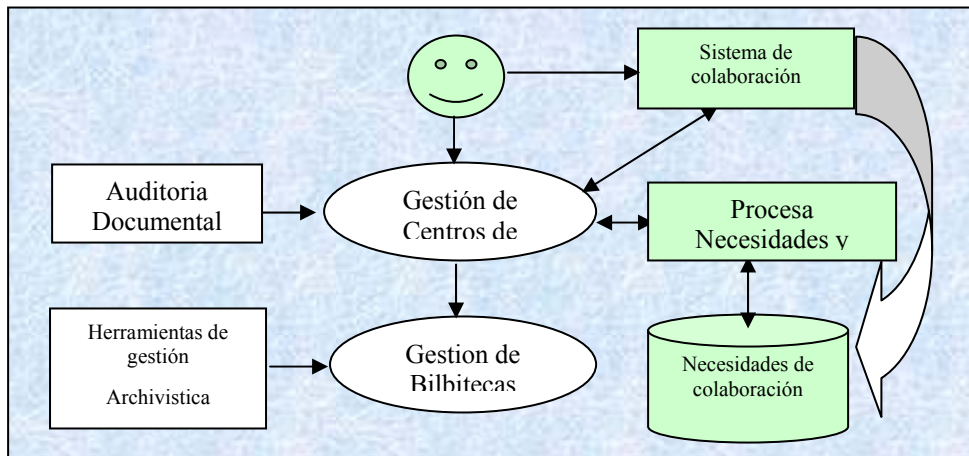


Figura 3. Arquitectura propuesta para un sistema de colaboración documental (SCD).
Fuente: Soluciona. Adaptación: Propia

Para atender al usuario como el centro del proceso se deben desarrollar las funciones que den alcance a sus necesidades con la meta de lograr resultados productivo y eficiente en sus actividades cotidianas. Necesitamos: (1) información sobre un tema en particular; (2) Saber que hacer; (3) Como evaluar una tarea; (4) Algunos datos históricos; (5) Recuperar documentos; y (6) Saber el estado de un proceso, solicitud, reclamo o queja. En cada caso esta presente un escenario: (a) El usuario que necesita la información y la tarea; (b) Las posibles acciones que se deben realizar para completar; (c) La forma en que se deben entregar los resultados y (d) El aprendizaje que debemos valorar y difundir en la organización. En un nivel menor de detalle se debe registrar diferentes tipos de información, como: (a) Objetivos; (b) Proceso(s) involucrados; (c) Motivo de la tarea o solicitud; (d) Problema a resolver y meta esperada; (e) Usuario de destino; (f) Usuario de origen; (g) Tipo de documento; (h) Necesidad de firma digital; (i) Fecha; (j) Participantes; (k) Seguimiento con sus propias actualizaciones.

4. CONCLUSIONES.

Queda mucho camino por recorrer e investigar sobre aportes de sistemas inteligentes en la gestión de contenidos, proyectar una visión sobre este futuro es una propuesta obligada, por ahora estamos avanzando en la colaboración que debe existir en los sistemas de gestión documental cuando el usuario es el centro del proceso. Algunas conclusiones complementarias son: (a) Seremos capaces de llegar al tejido empresarial, al centro de los procesos y toma de decisiones para entregar soluciones que sean productivas y eficientes a los usuarios a través de sistemas de información, workflow y agentes. (b) La gestión de la información es imprescindible, pero sólo se convierte en conocimiento cuando los individuos la aplican para la resolución de un problema y para ello necesitamos identificar sus necesidades de colaboración. (c) Es necesario la colaboración en iniciativas conjuntas del sector privado de de las administraciones públicas, a la vez de apoyar nuevas asociaciones digitales, tener información y necesidades de colaboración como

experiencia acumulada. (d) Es indispensable acercar todas las redes presentes y futuras a la universidad, que es donde se analizan con profundidad diversos contextos, con el objetivo de hacer realidad los esfuerzos en I+D y lograr apoyar el bienestar social.

Referencias

- [1] BUSTELO, C. AMARILLA, R. (2001) Gestión del Conocimiento y Gestión de la Información. INFORAREA S.L. Boletín del Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico, año VIII, n. 34 (marzo 2001); 226-230
- [2] BUSTELO, C. GARCIA-MORALES, E. (2001) Tendencias en la Gestión de la Información, la Documentación y el Conocimiento en las Organizaciones Socias-Directoradas de Inforárea, S.L. *Artículo publicado en: El Profesional de la Información, vol. 10, n. 12 (diciembre 2001); p. 4-7* <http://www.inforarea.es>
- [3] BUSTELO, C. (2003) Gestión Documental y Gestión de Contenidos en las empresas: Estado del Arte 2002 y perspectivas para 2003. El profesional de la Información. Vol12 Nro 2. (Marzo-Abril 2003) pp.118-120
- [4] BUSTELO, C. (2005) Gestión de documentos: enfoque en las organizaciones. Inforarea. 7 July 2005. <http://thinkepi.net/repositorio/gestion-de-documentos-enfoque-en-las-organizaciones/>
- [5] BUSTELO, C. (2005) Estrategias y metodología de diseño e implementación de sistemas de gestión de documentos: ISO 15489 y AS-5090-2003. FESABID 2005.
- [6] CAWKELL, A.E. (1991) (ed). World Information technology manual. Amsterdam: Elsevier, 1991. 2 vols. (Tomado de Congreso INDOEM-96, Ingeniería de la Información. <http://www.um.es/gtiweb/fjmm/ingenieria.htm>)
- [7] Paños, A. Garrido, P. (2004) Estudio del modelo de productos y servicios de las empresas de servicios documentales. Anales de Documentación p199-123
- [8] Romero, J. (2006) El papel d elos metadatos en la preservación digital. El profesional de la Información. Marzo-Abril. Vol15, Num2. pp: 126-1236. Inforarea
- [9] SOLUZIONA.
http://www.soluzionna.es/htdocs/areas/consultoria/servicios/gestion_documental/gestion_documental_interior.shtml
- [10] TRAMULLAS, J. (1999) Agentes y ontologías para el tratamiento de la información: clasificación y recuperación en Internet. IV Congreso ISKO España. Granada, Dep. CC. de la Documentación Universidad de Zaragoza. <http://www.tramullas.com/pdf/ontologias.pdf>
- [11] TRAMULLAS, J. (2003) [Análisis preliminar de bibliotecas digitales en las universidades españolas](#). VIII Jornadas Españolas de Documentación DOCUMAT 2003. FESABID, Barcelona, Enero de 2003
- [12] TRAMULLAS, J. Problemas de la Ingeniería Documental: concepto, contexto y objeto. Dep. CC. de la Documentación Universidad de Zaragoza.

El conocimiento tácito en la mejoría continúa de los proyectos

Leandro F Pereira

UPSAM, Facultad Informática
Madrid, Spain, 2840
Leandro.Pereira@PMO-Consulting.pt

Luis A Joyanes

UPSAM, Facultad Informática,
Madrid, Spain, 2840
Luis.Joyanes@upsam.net

RESUMEN

La coyuntura internacional de elevada agresividad competitiva con mercados inestables, un ambiente económico incierto y dominado por variables externas a la organización, obligan a la que nuestra gestión enfrente un periodo conturbado de incertidumbres con la consecuente necesidad del volver a pensar la forma de estar en el mercado. El éxito pasa sin duda por que seamos nosotros a dictar las leyes que rigen el mercado y a crear nuestro espacio de oferta, siendo más competitivos, presentando más calidad, más innovación, satisfaciendo mejor las necesidades del cliente, sólo así podemos aspirar al liderazgo y a la conducción del mercado. La palabra “proyecto” es hoy día connotada como cambio, evolución organizacional, transición. La implementación de proyectos da así cuerpo y forma a la estrategia organizacional y es el camino único para la mejoría continua y la diferenciación en un mercado cada vez más único y globalizado. Del éxito de los proyectos, depende el éxito de la organización. Verificamos faltas sucesivas de los proyectos que no satisfacen sus objetivos, curiosamente también los errores cometidos son siempre muy similares, ó siempre los mismos. Una de las causas principales es la falta de partilla de buenas pláticas e soluciones pudiendo por en causa la propia organización.

Palabras claves: conocimiento, proyecto, organización que aprende, mejores pláticas

1. Introducción

Los días que transcurren las organizaciones encuentran en el conocimiento que poseen su mayor activo, la capacidad del utilizar en la toma de decisión marca el éxito en el rumbo que cada una entiende tomar. La globalización de los mercados y la presencia de las nuevas tecnologías viene a traer a las organizaciones un desafío con lo cual nunca se depararon – la creciente competencia en un mercado único obliga a un cambio rápido y sostenido, pautada por la innovación y diferenciación ante la concurrencia.

La presencia de una estrategia organizacional es fundamental para decidir el rumbo a tomar, sin embargo, su éxito asienta en su ejecutabilidad y en la capacidad optimizada y organizada de aplicarse en práctica. Uno de los principales vectores de la madurez organizacional es la propia conciencia del conocimiento que esta posee y de cómo lo puede utilizar para aplicar su estrategia.

Independientemente del rumbo que cada organización decide tomar la implementación de proyectos constituye los días de hoy una de las principales fuentes de conocimiento de las organizaciones. En la verdad, son esfuerzos únicos e innovadores, proyectos son el vehículo de la implementación y gestión del cambio organizacional. Es a través de la implementación de proyectos que cualquier organización implementa y materializa su estrategia.

Todo el aprendizaje que un proyecto proporciona a una organización debe servir de base a su proceso de mejora continua. Es de esta forma esencial que este conocimiento sea organizado, sistematizado y registrado para utilización futura en el apoyo a la actividad de negocio de la organización.

Cualquier individuo, así como cualquier organización aprende de dos formas distinguidas, o se emancipa, o aprende con los errores que va cometiendo, siendo el último abordaje más doloroso. Si una organización, en el pasado ya implementó prácticas que funcionaron y produjeron efectos positivos, habrá algún motivo para que no las vuelva a adoptar? Si una organización ya implementó prácticas en el pasado que no fueron bien sucedidas, habrá algún motivo para usar el mismo abordaje?

Según algunos estudios internacionales más del 50% de los errores que son cometidos en un proyecto, ya acontecieron en el pasado y las decisiones tomadas para los contornear no fueron de hecho evaluadas en relación a su éxito o fracaso. El conocimiento pasado es así de extrema importancia para la mejora continua y es cada vez más obligatorio que las organizaciones puedan evolucionar con menos dolor, capitalizando siempre en todo aquello que ya se vivió y aprendió.

Es de esta forma fundamental que el conocimiento originado en los proyectos sea organizado, sistematizado y disponibilizado, sirviendo como herramienta de trabajo para el gestor de proyecto poder tomar decisiones. De notar sin embargo que no basta conocer las buenas prácticas y como aplicarlas. Es necesario que haya una monitorización y control efectivo. No nos podemos olvidar que un desvío antes de ser grande es casi siempre e ineludiblemente pequeño. Así, la receta para que contremos los desvíos grandes, pasa por que contremos y que actuemos en los desvíos pequeños.

Para el efecto y teniendo como principal preocupación conocer cuáles las prácticas más adoptadas para la garantía del éxito de los proyectos se llevó a cabo una investigación a 62 gestores de proyecto, los cuales fueron confrontados con una situación típica de proyecto, ejemplo: el proyecto está a costar más que el planeado y el proyecto está atrasado, por su vez la calidad también se queda abajo del deseable. Mediante este escenario, cuáles las decisiones o recomendaciones que nuestros gestores de proyecto proponen para recuperar la performance del proyecto con base en su conocimiento tácito ?

La muestra considera un total de 62 inquiridos durante el periodo de Marzo a Agosto de 2005 pertenecientes a la comunidad de gestores de proyecto de la Península Ibérica (España e Portugal). El interrogatorio fue enviado por email para los inquiridos, habiendo posteriormente y puntualmente esclarecimientos por email o por contacto telefónico.

El análisis y tratamiento de los datos recogidos fue efectuada teniendo en consideración tres aspectos relevantes en lo que respecta al inquirido:

- **Certificación PMP del PMI:** *certificación profesional de gestión de proyectos más reconocida en todo el mundo (<http://www.pmi.org>).*
- **Experiencia de los individuos:** *uno de los principales requisitos para la gestión de proyectos es la experiencia del individuo – gestor de proyecto. Gran parte del éxito de un proyecto dependerá de la maestría de quien lo gestiona.*
- **Industria de aplicación:** *la gestión de proyectos profesional es una ciencia aplicable a todos los tipos de industria, sin embargo, los problemas de la gestión se agravan exponencialmente si la industria de aplicación está aún en un bajo nivel de madurez (ejemplo: dificultad en definir procesos).*

La gestión de proyectos es una actividad en pleno crecimiento en todo el mundo. En las últimas décadas, sólo la actividad de sistemas de información e informática tuvo un crecimiento equiparable. La gestión de conocimiento, a pesar de ser una actividad más reciente es también una preocupación para la cual las organizaciones se despertaron en la última década, la cual traerá indiscutiblemente a las organizaciones un valor añadido.

De notar que, mientras la gestión de conocimiento foca en el facilitar de la creatividad y de la optimización de los procesos internos, la gestión de proyecto foca en la ejecución con éxito de iniciativas. Identificamos así que estas dos actividades se complementan mutuamente y serán obligadas a coexistir en el seno de las organizaciones.

2. Análise de los Resultados

Se pasan a presentar las análisis de los resultados después del debido tratamiento estadístico:

Cuestión 1: Para la comunidad de gestión de proyectos cuáles son las principales soluciones para recuperar el coste de un proyecto?

Después de la compilación de los resultados y el respectivo tratamiento estadístico, se concluye que al nivel de la recuperación del coste, las tres soluciones capaces de mejor recuperar el coste de los proyectos es (1) la implementación de un sistema de control; (2) la definición de un plan de proyecto y (3) la clarificación de objetivos y requisitos. La solución que se identifica como menos capaz de recuperar el coste del proyecto es la implicación del cliente/ usuario final en la implementación del proyecto.

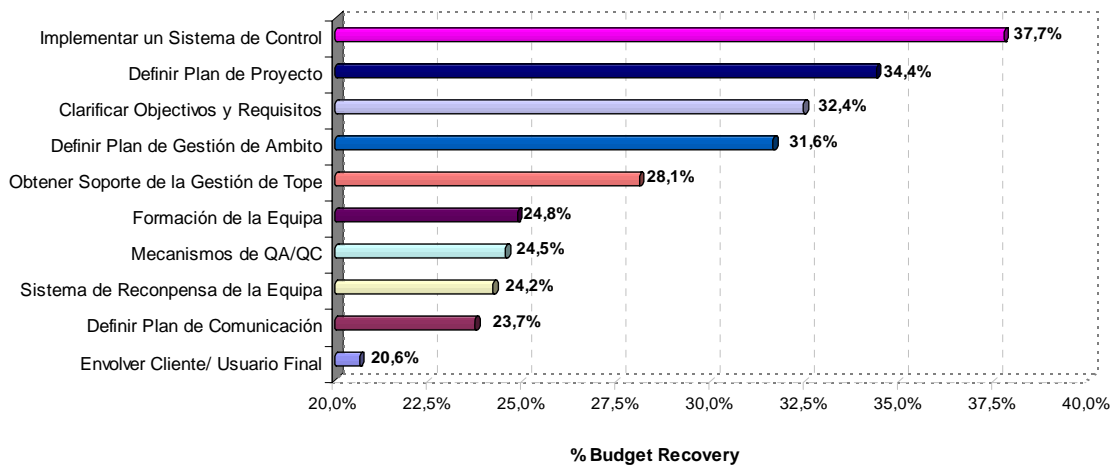


Figura 1: Resultados de las soluciones para recuperar el coste de los proyectos

Cuestión 2: Para la comunidad de gestión de proyectos cuáles son las principales soluciones para recuperar el plazo de un proyecto?

Al nivel de la recuperación del plazo, las tres soluciones capaces de mejor recuperar el plazo de los proyectos es (1) la implementación de un sistema de control; (2) la definición de un plan de proyecto y (3) definir sistema de recompensa. La solución que se identifica como menos capaz de recuperar el plazo del proyecto es la implementación de prácticas de QA/QC (Quality Assurance / Quality Control).

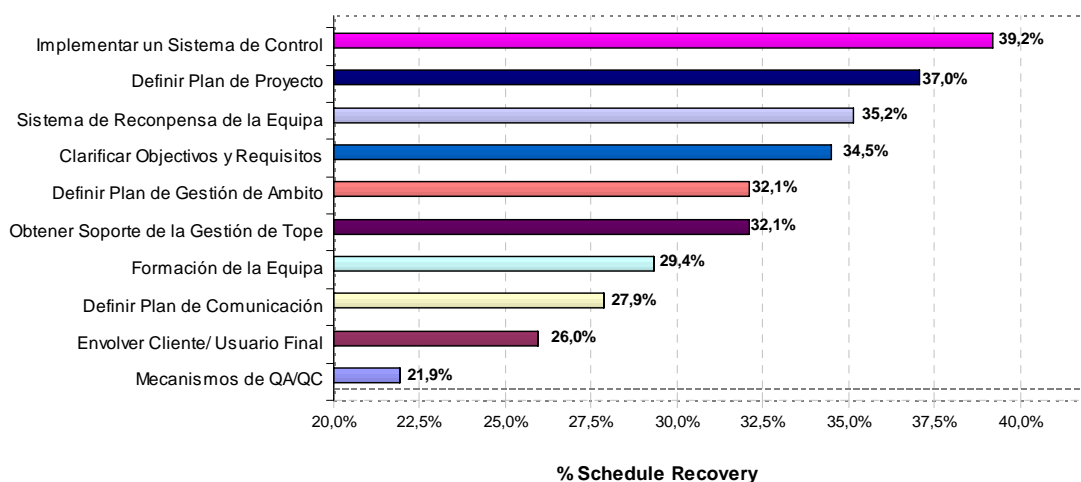


Figura 2: Resultados de las soluciones para recuperar el plazo de los proyectos

Cuestión 3: Para la comunidad de gestión de proyectos cuáles son las principales soluciones para recuperar la calidad de un proyecto?

Al nivel de la recuperación de la calidad, las tres soluciones capaces de mejor recuperar la calidad de los proyectos es (1) la implementación de prácticas de QA/QC; (2) clarificar objetivos y requisitos y (3) implementar un sistema de control. La solución que se identifica como menos capaz de recuperar la calidad del proyecto es la obtención de soporte de la gestión de tope.

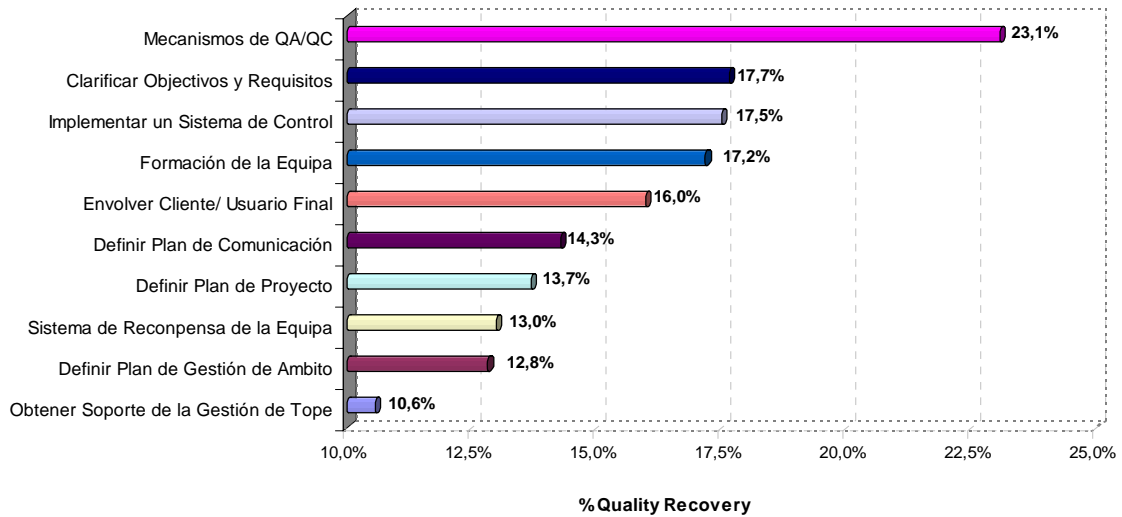


Figura 31: Resultados de las soluciones para recuperar la calidad de los proyectos

Se presenta de seguida una análisis agregada de las 10 soluciones presentadas y tratadas en los interrogatorios. Al nivel del indicador global, se consideró un peso idéntico para los objetivos de coste, plazo y calidad:

Solutions	Coste	Plazo	Calidad	Global
Implementar un Sistema de Control	1º	1º	3º	1º
Clarificar Objetivos y Requisitos	3º	4º	2º	2º
Definir Plan de Proyecto	2º	2º	7º	3º
Formación de la Equipa	6º	7º	4º	4º
Mecanismos de QA/QC	7º	10º	1º	5º
Definir Plan de Gestión de Ambito	4º	5º	9º	6º
Sistema de Recompensa de la Equipa	8º	3º	8º	7º
Obtener Soporte de la Gestión de Tope	5º	6º	10º	8º
Definir Plan de Comunicación	9º	8º	6º	9º
Envolver Cliente/ Usuario Final	10º	9º	5º	10º

Figura 4: Resultados globales del interrogatorio a los gestores de proyecto

Cuestión 4: Cuáles las principales causas o síntomas para la baja performance de los proyectos?

La última cuestión colocada nos permite conocer cuáles las principales causas identificadas por los gestores de proyecto para una baja performance de los proyectos. Así, y después de efectuada la compilación de los resultados y efectuado el

respectivo tratamiento estadístico concluimos que las cinco causas principales son (1) muchas alteraciones en los requisitos o especificaciones; (2) requisitos o especificaciones apenas definidos; (3) complejidad del producto o del proceso; (4) expectativas de plazo irrealistas; (5) falta de implicación del usuario final. Como última causa apuntada se identifica la necesidad de reutilización futura del producto resultante del proyecto.

Ranking de las Causas de Baja Performance

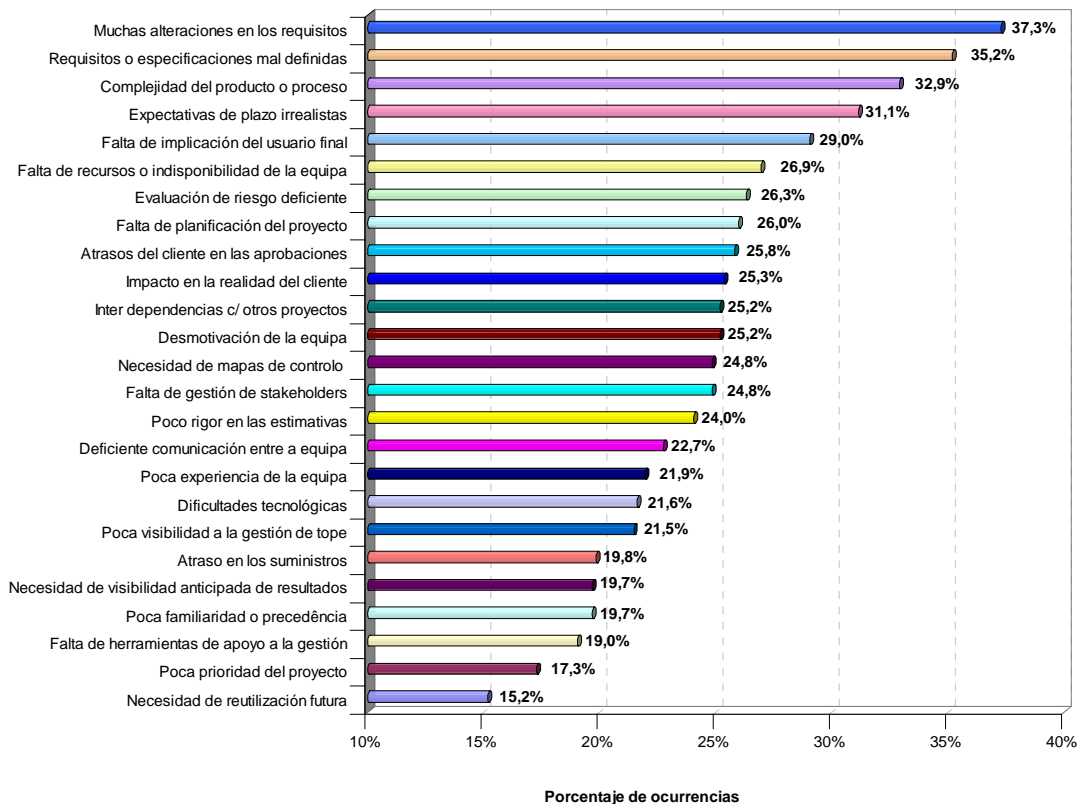


Figura 5: Resultados de las principales causas de baja performance de los proyectos

3. Conclusiones

Si más de mitad de los proyectos en media no cumplen sus objetivos operacionales de coste, plazo, calidad o ámbito [STAG01], la gestión de proyecto ya no puede ser encarada como una actividad asimétrica o desconcertada en la organización. Esta actividad tras valor añadido y nos permití saber donde estamos y hasta donde podemos ir de forma racional y consciente.

En lo que respeta a la investigación de campo efectuada concluimos que la mayoría de los gestores consideran la existencia de un sistema de control como una necesidad básica y elemental para la gestión de proyecto nos conduce a la conclusión de que aquello que no puede ser medido, raramente puede ser controlado. Así, es fundamental la gestión de proyecto tener los “sensores” conectados al terreno y de forma periódica y rigurosa evaluar la performance de las

iniciativas.

Como segunda decisión más relevante obtenida de los interrogatorios de investigación para facilitar el éxito del proyecto, quiere en la vertiente de coste, quiere en la vertiente de plazo, fue también consensual la necesidad de existencia de un plan de proyecto. En la realidad, nuestra forma de estar “desorganizada” no facilita el éxito del proyecto. El plan debe ser el mapa de la ejecución y el gestor de proyecto deberá organizar a equipo para que el trabajo sea ejecutado de acuerdo con el plan, tal cual el arquitecto de una obra civil coordina el trabajo de los obreros para que este sea ejecutado de acuerdo con la planta.

Finalmente constatamos como principales causas de baja performance de un proyecto son las constantes alteraciones al ámbito o las especificaciones mal definidas. De hecho, el éxito de un proyecto puede estar condenado a la partida por la deficiente definición de los objetivos o requisitos. Como es que es posible suscribirse un contrato con un precio cerrado y haberse en la primera fase del proyecto, la definición del ámbito?

Si así verificamos que la gestión de proyectos es una necesidad en cualquier organización, la gestión del conocimiento aplicada a la mejora y optimización de los procesos internos o de negocio es obligatoria. Prof. Dr. Luis Joyanes, especialista internacional en el área, presentó en una su reciente publicación [MORE06] lo cuanto es importante la gestión de conocimiento para mejorar los procesos internos e para alavancar el negocio de las organizaciones.

6. Referências Bibliográficas

- [BARG96] Bachelard, G. *A formação do espírito científico*. Editora Contraponto. Tradução do original de 1930. Rio de Janeiro, 1996
- [BESJ70] Best, J.W. *Research in education*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1970
- [FERM04] Fernandez, Matilde. *Metodologia para el Desarrollo e elaboración de una Tesis Doctoral*. Facultad de Informática. Universidad Pontificia de Salamanca Campus de Madrid, 2004
- [FERA82] Ferrari, Alfonso Trujillo. *Metodologia da pesquisa científica*. McGraw-Hill, 1982.
- [LAKE01] Lakatos, Eva Maria e MARCONI, Marina de Andrade. *Fundamentos de metodologia científica*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001
- [MURB93] Murteira, Bento. *Análise exploratória de dados. Estatística Descritiva*. 1993 Mc Graw-Hill
- [SIEA93] Sierpinska, A., Kilpatrick, J., Balacheff, N. Howson, G., Sfard, A., & Steinbring, H. (1993). *What is research in mathematics education and what are their results*. Journal for Research in Mathematics Education , 24(3).
- [MORE06] Moreno, Juan. Joyanes, Luis. Applying Knowledge Management to Exploit the Potential of Information Stored in a Business Process Management System. Workflow

Handbook 2006. USA. ISBN 0-9777527-0-4. Pág 97-108.

[STAG01] Standish Group International. Extreme Chaos Reports. 2001

Captura de Necesidades en la Dirección y Gestión del Capital Intelectual.

Augusto E. Bernuy

Universidad Pontificia de Salamanca, Facultad
de Informática, Madrid, España, 28040
abernuy@uni.edu.pe

Luis Joyanes

Universidad Pontificia de Salamanca, Facultad
de Informática, Madrid, España, 28040
luis.joyanes@upsam.net

ABSTRACT

With the growth of the interest and technological proposals for the creation and development of the knowledge in organizations through systems of knowledge management, information systems and agents, now we are to continue efforts to understand the intellectual capital and to model new architectures for the success of the management of the Intellectual Capital. The organizations must on approval put a project that demonstrates as they are creating and scattering the knowledge in the organization. Since one is due to direct the resources towards the success of the performance of different functional areas and elements from the intellectual capital we must speak of Direction of the Knowledge, and like it is not possible that a project is successful without the collaboration between processes, systems and people; we developed our proposal with the base of a collaborative system of Direction of the Knowledge and soon a model for the capture of necessities, of such form that allows the collaboration that is needed. Under this approach a model of capture of necessities of collaboration within the different processes in an organization.

Key words: Capture of necessities in the Collaborative direction of the Intellectual Capital, knowledge Management, Management of Intellectual Capital

RESUMEN

Con el crecimiento del interés y propuestas tecnológicas para la creación y desarrollo del conocimiento en las organizaciones a través de sistemas de gestión del conocimiento, sistemas de información y agentes, ahora nos toca continuar esfuerzos por entender el capital intelectual y por modelar nuevas arquitecturas para el éxito de la gestión del Capital Intelectual. Las organizaciones deben poner a prueba un proyecto que demuestre como están creando y diseminando el conocimiento en la organización. Dado que se debe dirigir los recursos hacia el éxito del desempeño de diferentes áreas funcionales y elementos del capital intelectual debemos hablar de Dirección del Conocimiento, y como no es posible que un proyecto tenga éxito sin la colaboración entre procesos, sistemas y personas; desarrollamos nuestra propuesta con la base de un Sistema de Dirección Colaborativa del Conocimiento y luego se propone un modelo para la captura de necesidades, de tal forma que se permita la colaboración que se necesita. Bajo este enfoque se propone un modelo de captura de necesidades de colaboración dentro de los diferentes procesos en una organización.

Palabras Clave: Captura de necesidades en la dirección Colaborativa del Capital Intelectual, Gestión del Conocimiento, Dirección del Capital Intelectual

Palabras claves: Colaboración en gestión documental, capital intelectual basado en gestión de información, modelo GICI, identificar necesidades de colaboración.

1. INTRODUCTION

“Por conocimiento se entiende la presencia en la mente de ideas acerca de una cosa o cosas que se saben de cierta ciencia, arte, etc. ...una combinación de ideas, aprendizaje y modelo mental” [3], esto sucede en la vida diaria de las personas en todo tipo de labor productiva en una organización. Nuestro interés es definir primero donde se generan las actividades o procesos, luego como este conocimiento se convierte en capital intelectual y actúa dentro de la organización: Por ello debemos entender la dinámica y los elementos que componen el capital intelectual para luego proponer un diseño para automatizar nuevos procesos, procesos que generan colaboración a través de la tecnología de WorkFlow. Es necesario permitir la colaboración en la actividad diaria de dicha organización. Este modo de trabajo solo tendrá éxito cuando se puedan reconocer las necesidades de colaboración apenas se presenten, es cuando debemos capturarlas y dirigirlas hacia los agentes que pueden entregar la colaboración que se requiere para una tarea o proceso particular. Nuestro objetivo es proponer un modelo de agentes que permita obtener las necesidades al iniciar una tarea o proceso para luego continuar con procesos que permitan identificar la colaboración posible y atender las necesidades de un usuario de forma eficiente interactuando con diferentes elementos del sistema.

2. DISEÑO DE PLATAFORMA WORKFLOW

Toda organización realiza varias tareas dentro de sus actividades diarias, algunas simplemente operativas o de rutina, como tomar un pedido, o registrar una planilla, otras donde se toman algunas decisiones relacionadas con la cadena de valor y con funciones administrativas. Otras de mayor nivel donde se toman decisiones sobre la planificación de los recursos, contrataciones y metas en cada área funcional. Con la tecnología podemos facilitar en ambiente cooperativo aumentando la productividad de los grupos de trabajo y promover la tendencia del desarrollo de sistemas basados en resultados. El flujo grama, que aprendimos en como estudiantes en el pre-grado muestra como cada área funcional participa en un proceso, con los productos de entrada, transformaciones, niveles de decisión y productos de salida. El termino Work Flor (flujo de trabajo) es definido por WfMC (Workflow Management Coalition) [9] como la automatización de un proceso de negocio, de forma completa o en parte, en donde documentos, información, o tareas son pasadas desde un participante a otro para que tome una acción de acuerdo a un conjunto de reglas procedurales. [6] Los sistemas de flujo de trabajo se pueden clasificar según la forma en la que realizan la transferencia de información, veamos un ejemplo en el cuadro 1:

Sistema Work Flow	Descripción
Sistemas basados en Mensajería	Es una extensión al sistema de correo electrónico que soporte flujos de trabajos simples o aplicaciones de correo electrónico con capacidades de flujos de trabajo
Flujo de Trabajo basado en un servidor	Se implementa sobre un administrador de BD con uso de interfaces a otros sistemas administradores de BD comerciales
Sistemas de Flujo de trabajo de transacciones o producción	Políticas y procedimientos de la organización. So procesos complejos con un importante nivel de riesgo, Ejemplos sistemas de prestamos, firma de seguros, demandas judiciales, etc.
Sistemas de Flujo de Trabajo AdHoc	Existen gran cantidad de tareas orientadas a proyectos que no usan procesos extensos. Las dinámicas entre los

	usuarios son más difíciles de definir en detalle.
Sistemas de Flujo de Trabajo Administrativos	Presupuestos, pedidos, planificación de vacaciones, plan de viajes, adquisiciones, etc.
Sistema de Flujo de Trabajo Colaborativo	Focalizan los participantes y sus interrelaciones. Puede involucrar varias iteraciones que finalizan con una concordancia entre las partes. Ejemplo escritura de un artículo entre varios autores.

Cuadro 1. tipos de Sistemas Work Flow. Fuente Castillo. Elaboración: Propia

Los sistemas de colaboración presentan una herramienta para que los usuarios interesados puedan colaborar entre si El ciclo que describe las condiciones para la satisfacción del cliente se denomina workflow primario y las coordinaciones entre las personas para lograr esta satisfacción se llaman workflow secundarios. Ver figura 1.

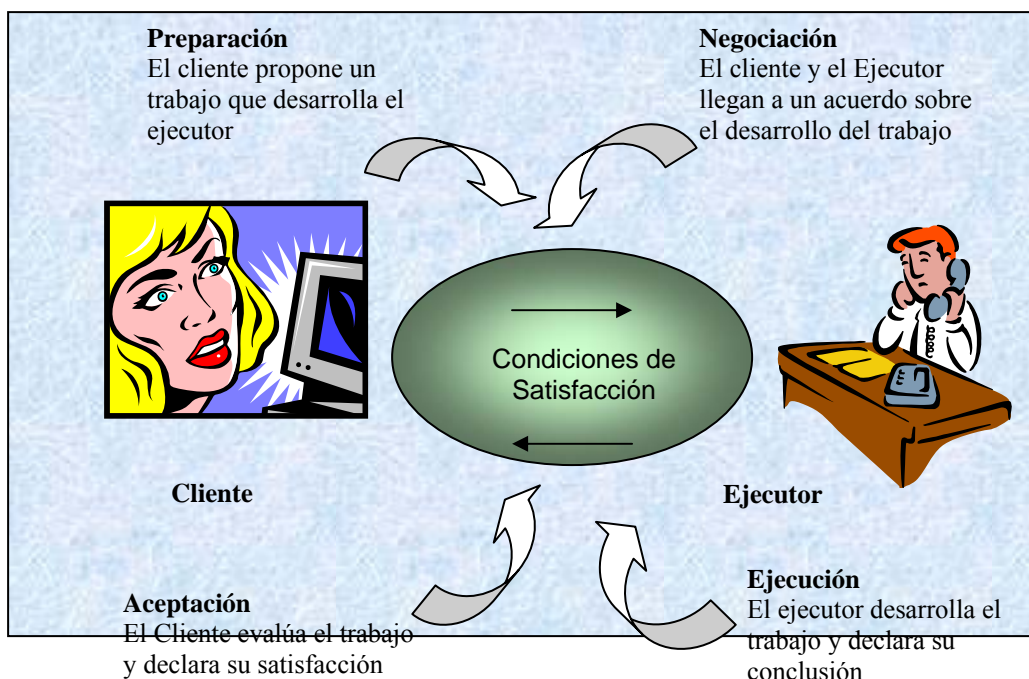


Figura 1. Interacciones dentro del flujo de trabajo. Fuente: Castillo

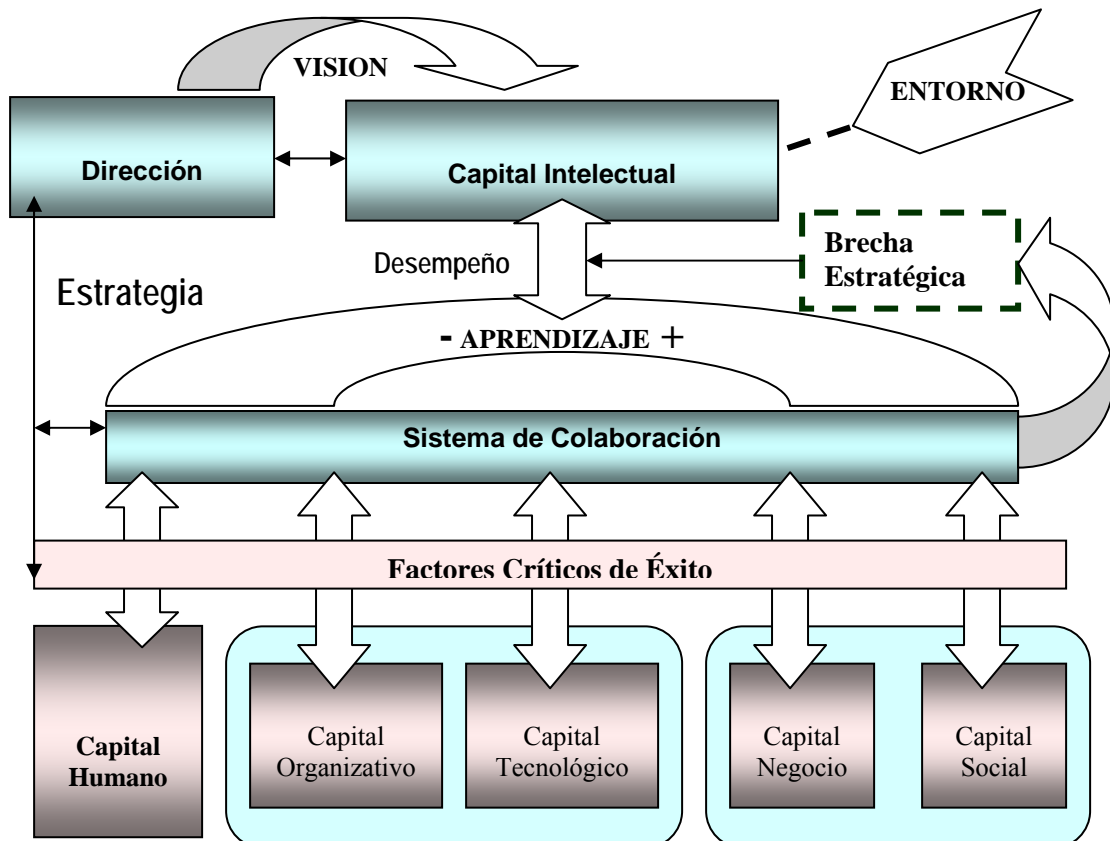
3. DIRECCION COLABORATIVA DEL CAPITAL INETELCTUAL

El modelo Intellectus [4] contempla en su diseño una correcta separación del capital estructural y el capital relacional. El capital relacional tiene una notable mejora donde el capital de negocios abarca no solo el capital clientes sino el

capital de Mercado en el nuevo concepto denominado capital negocios y expone un brillante aporte en el capital social. En otros modelos resalta gran valor en el aporte de Nick Bontis [2] revalorando el capital humano, luego las experiencias empresariales de Unión FENOSA [7] y el análisis del modelo GC-U, de Medina, [8] nos lleva a concluir que es necesario identificar la influencia del entorno. La colaboración que debe existir en todas las organizaciones y sociedades, se presenta como un sistema de Colaboración, la estrategia esta presente a través de la influencia de la dirección y la participación clave de los factores críticos de éxito y los indicadores se muestran en el desempeño de la organización. la dirección juega el rol estratégico más importante y a la vez es el usuario de mas alto nivel que recibe el impacto del desempeño del Capital Intelectual. Se presenta el modelo DirCCI [1] que incluye un elemento hasta hoy invisible: La Colaboración que debe existir en todas las organizaciones y sociedades, ya sea entre procesos, sistemas o personas, como un sistema de Colaboración. La estrategia esta presente a través de la influencia de la dirección y la participación clave de los factores críticos de éxito y los indicadores se muestran en el desempeño de la organización. El nuevo modelo ha sido denominado: “**Dirección Colaborativa del Capital Intelectual**”, **DirCCI** y se muestra en la figura 2. La dinámica del modelo se completa asignando el rol correcto al capital humano quienes a través de su cultura organizacional pueden impulsar la sinergia para trabajar en forma coordinada con los demás, como el capital estructural y el capital relacional.

4. DISEÑO DE UN SISTEMA DE COLABORACION.

Los desarrollos referidos a la colaboración tipo WorkFlow son estáticos cuando se trata de obtener colaboración, pero todos los investigadores coinciden en que debe existir colaboración. Ese es el punto principal que aun no se aborda y que garantiza el éxito para la implementación de un proyecto que fue exitoso e una organización hacia otra organización, esto sucede por que en la primera donde tuvo éxito tuvo mucha colaboración y en la siguiente se espera lo mismo pero ello no sucede. Más aún en un proyecto exitoso la colaboración fue obtenida de muchas formas a través de una excelente dirección. El modelo propuesto identifica las necesidades al momento que se presenten y no depende de una petición de atención, aunque también esta preparado para esta situación.



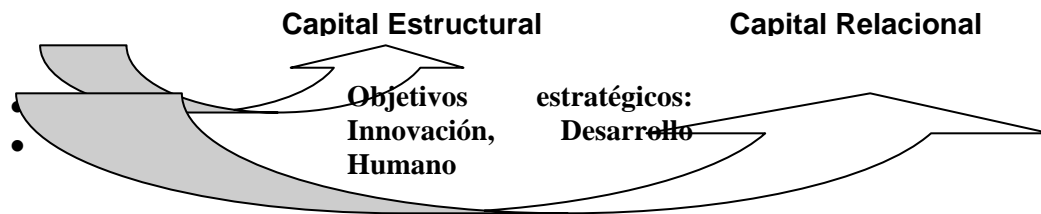


Figura 2. Nuevo modelo dinámico DirCCI (adaptado de Intellectus).

Fuente y Elaboración: Propia

Que sucede en la vida real: Se genera una solicitud o tarea o actividad en el día a día de organización, dicha tarea, solicitud o actividad es gestionada por alguien que la recepciona y en principio no sabe todo lo que hay que resolver y tal vez no conozca que existe información que le puede ser útil. Mas bien si es probable que existe una persona con gran experiencia que si conozca todo lo que se debe hacer y donde hay información útil además de su propia experiencia en anteriores situaciones similares. Entonces podemos concluir que solo con la participación de una persona experimentada podemos lograr la eficiencia y eficacia organizacional, pero esta situación debe repetirse para cada tarea o actividad que existe y eso humanamente no es posible de lograr. Los elementos involucrados en la colaboración: (a) El cliente solicita algo o se genera una tarea interna; (b) Es atendido o derivado para su atención al ejecutor; (c) El ejecutor puede haber sido mal escogido, regresa al paso (b); (d) El ejecutor puede o no solicitar ayuda; (e) De tener un problema leve el ejecutor puede o no solicitar ayuda; (f) De tener un problema complejo ejecutor puede o no solicitar ayuda. La “matriz de eficiencia/colaboración” desarrollada se muestra en el cuadro 2.

	Intermediario	Ejecutor	Existen problemas leves	Existen problemas no conocidos
Cliente	Atención inicial	Debe atender	Debe resolverlos	Debe resolverlos
Intermediario / ejecutor	Requiere colaboración y no la solicita	Puede o no solicitar colaboración	Puede o no solicitar colaboración	Debe solicitar colaboración
Acción sin solicitar ayuda	Entrega atención	Realiza atención	Resuelve sin ayuda	Resuelve sin ayuda
Resultado	Posible canal equivocado	Puede contener errores	Puede contener errores	Tendrá errores
Acción Solicitando ayuda	Entrega atención	Solicita colaboración	Resuelve con ayuda	Resuelve con ayuda
Resultado	Canal correcto	Sin errores	Sin errores	Sin errores

Cuadro 2. Matriz de Eficiencia/Colaboración. Fuente y Elaboración: Propia

El modelo es un sistema proactivo, se basa en agentes y trata de identificar que necesidad existe apenas se produce un requerimiento de atención, la funcionalidad es como sigue: (a) el agente busca el punto de inicio de una solicitud o tarea; (b) recomienda a donde se debe atender, según las normas procedimientos y quienes tienen experiencias anteriores; (c) Una vez admitido el documento para su atención por el ejecutor el agente proporciona conocimiento sobre: (c.1.) Proceso de atención, (c.2.) Problemas cotidianos, (c.3.) Problemas complejos, (c.4.) Soluciones recomendadas; (d) Se genera la atención y se informa al sistema si existen problemas por atender, en caso positivo el agente actúa sobre: (d.1.) Soluciones recomendadas, (d.2.) Documentación formal pertinente, (d.3.) Cambios en el medioambiente, (d.4.) Información relevante al usuario; (e) Se documenta la atención; (f) El agente aprende. La información viene de una estructura de sistemas de información, por ello el nuevo sistema de colaboración se puede entender como un modelo de convergencia entre agentes y sistemas de información. Se requiere un apoyo en los procesos de Work flow que interprete el modelo del negocio, además de automatizar reglas y tareas. No solamente queremos envolver la inteligencia en los procesos sino que deseamos promover la colaboración que finalmente nos otorgue eficiencia y eficacia en cada proceso de la organización. Queremos un sistema capaz de responder en el momento y en requerimientos futuros. Este modelo se representa en la figura 3.

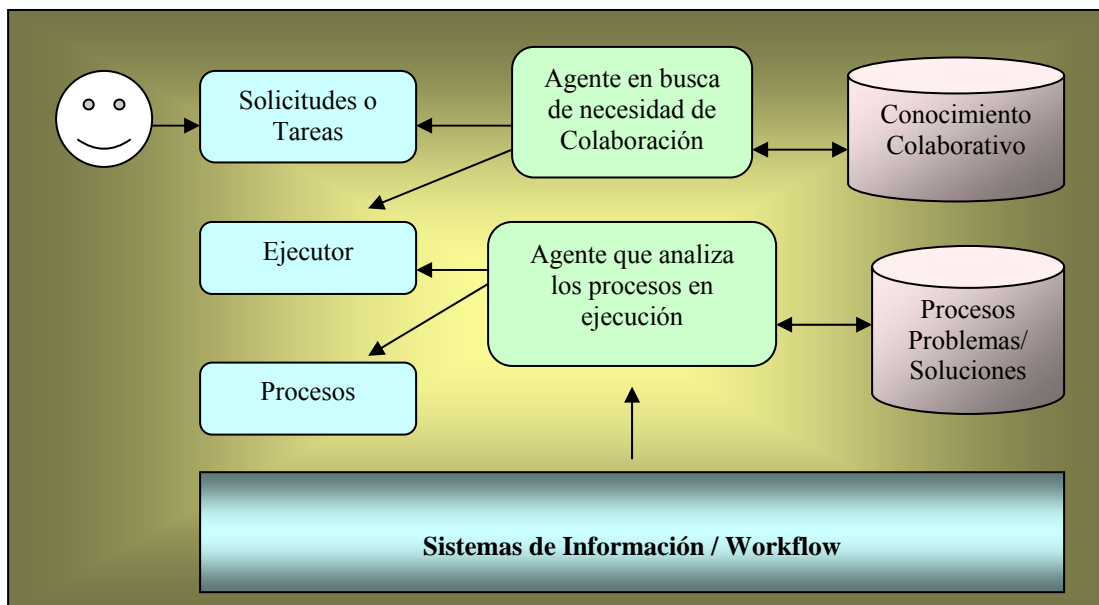


Figura 3. Modelo de Sistema de Colaboración del CI. Fuente y Elaboración: Propia

Es necesario definir algunas de las tareas que deberán realizar los agentes para cumplir la funcionalidad propuesta. Primero presentamos las tareas del **Agente que busca necesidades de colaboración (Agente en Busca de Necesidades, Agente BN)**: (1) Identificar si el inicio de una tarea dentro del workflow de la organización; (2) Identificar quien inició la petición y a que ejecutor debe ser asignado; (3) Identificar la presencia de stakeholders por cada tarea que se inicia. Luego presentamos las tareas del **Agente que analiza los procesos en ejecución (Agente que Analiza procesos en ejecución, Agente AP)**: (1) Identifica estado del proceso, sus puntos de inicio y de fin según el workflow de la organización; (2) Analiza que trabajos similares se han efectuado con anterioridad; (3) Analiza que problemas han existido en trabajos similares realizados con anterioridad; (4) Analiza que nuevos problemas se pueden suceder según la información disponible; (5) Parapara las recomendaciones y las envía al ejecutor en el momento actual del proceso; (6) Repite el punto anterior para cada etapa del proceso hasta su finalización. La figura 4 muestra las funciones propuestas

para el agente en busca de colaboración.

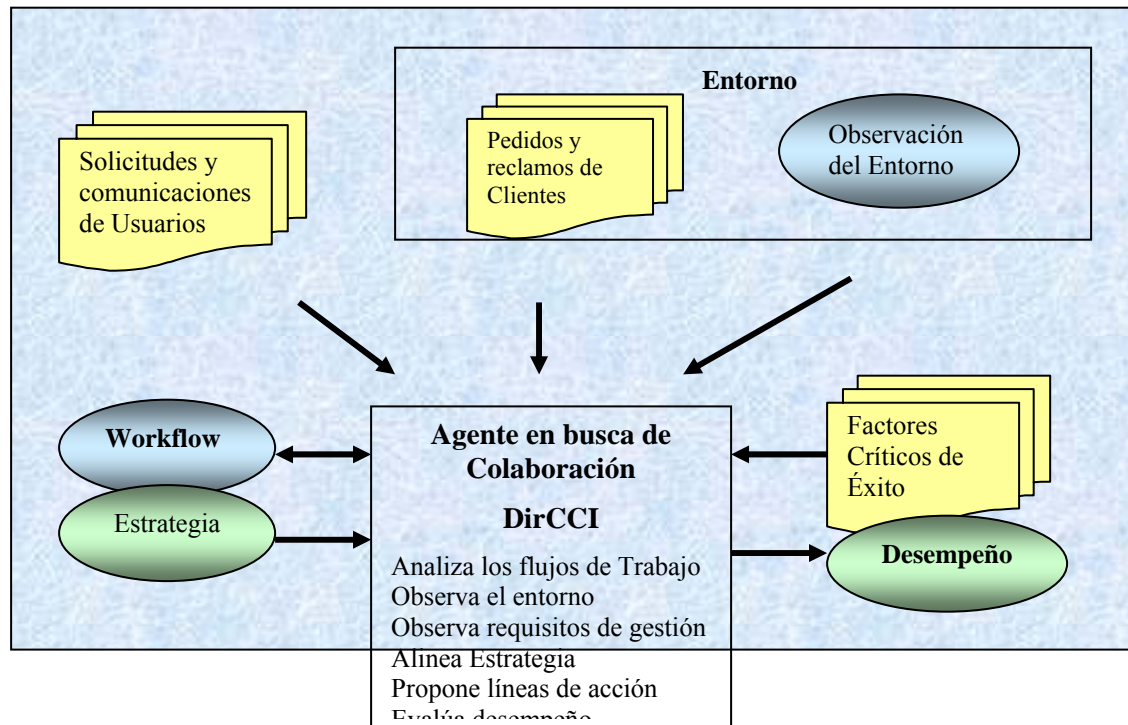


Figura 4. Agente en busca de Colaboración DirCCI. Fuente y Elaboración: Propia

4. CONCLUSIONES.

Cada vez apreciamos mas y mejores propuestas en el desarrollo de sistemas de gestión del conocimiento, sistemas que aportan valor a una organización. Hoy empezamos el enfoque de los sistemas que apoyan el desarrollo de la Dirección y Gestión del Capital Intelectual. Primero se presenta un modelo que le otorga una dinámica a la dirección y gestión del capital intelectual basado en estrategias, aprendizaje y acción del entorno de la organización, para luego avanzar con una forma de capturar las necesidades que requiere el usuario a fin de apoyar el trabajo colaborativo en una organización. A través del uso de agentes podemos analizar el entorno dentro y fuera de la organización. Para lograrlo nos apoyamos en procesos Workflow. Primero debe identificar las tareas que deben realizar las diferentes unidades y alinear la gestión con la estrategia. Luego se deben analizar los factores críticos de éxito para proponer líneas de acción en función de los valores, políticas y cultura de la organización, finalmente se deberán diseñar las líneas de acción y la formas de capturar los indicadores de evaluación del desempeño del capital intelectual.

REFERENCIAS

- [1] BERNUY, A., Joyanes, L. (2006) Modelo Dinámico para la Dirección Colaborativa del Capital Intelectual - (DirCCI). Universidad Pontificia de Salamanca
- [2] BONTIS, N. (1998). "Intellectual capital: An exploratory study that develops measures and models", *Management Decision*, Vol. 36, Núm. 2, pp. 63-76.
- [3] BUENO, E. Gestión del Conocimiento, aprendizaje y Capital Intelectual. UAM, Boletín Club Intelect, Nro 1, Enero 1999 p.2-3

- [4] BUENO, E. (2005). Dirección del Conocimiento en las Organizaciones. AECA. <http://www.aeca.es/pub/documentos/po16.htm>
- [5] CASTILLO, A. (2003). Modelos y Plataformas de agentes de software móviles e inteligentes para la gestión del conocimiento en el contexto de Tecnologías de Información. Tesis Doctoral. Universidad Pontificia de Salamanca. Director Dr. Luis Joyanes Aguilar.
- [6] HOLLINSWORTH, D. (1995) The Workflow Management Model. Workflow Management Coalition TC00-1003.
- [7] UNIÓN FENOSA (1999): Informe anual. Madrid, Unión FENOSA.
- [8] MEDINA, V. (2004). Modelo Organizacional y Tecnológico de Gestión del Conocimiento en la Universidad: Aplicación en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Bogotá (Colombia). Tesis Doctoral UPSA. Dirección Dr. LUIS JOYANES AGUILAR.
- [9] WfMC. Workflow Management Coalition. <http://www.wfmc.org/>

LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN Y NUEVOS PARADIGMAS DE LA INGENIERÍA DEL SOFTWARE

Extensión de los lenguajes orientados a objetos con mecanismos de recuperabilidad dirigidos por anotaciones

Daniel Fernández Lanvin

Universidad de Oviedo, Dept. Informática,
Oviedo, España, 33007
dflanvin@uniovi.es

Aquilino Adolfo Juan Fuente

Universidad de Oviedo, Dept. Informática,
Oviedo, España, 33007
aajuan@uniovi.es

Raúl Izquierdo Castanedo

Universidad de Oviedo, Dept. Informática,
Oviedo, España, 33007
raul@uniovi.es

Juan Manuel Cueva Lovelle

Universidad de Oviedo, Dept. Informática,
Oviedo, España, 33007
cueva@uniovi.es

ABSTRACT

The software robustness can be defined as *the degree to which a system or component can function correctly in the presence of invalid inputs or stressful environmental conditions* [1][15]. These situations are managed in current object oriented languages by means of exception handling mechanisms. Exception handling is a powerful tool to handle the errors generated by a fault in the system to avoid the failure arising, but there are still many sceneries where this is not enough to recover the system into a consistent state. In this paper we discuss about the state recovery mechanism adopted by RDM[21], a framework for agile software development, and the proposed extension of object oriented exception handling mechanism to improve software robustness with reasonable effort.

Keywords: Recoverability, object oriented, error recovery, reconstructor, software robustness.

RESUMEN

La solidez del software se define como *el grado en el que un sistema o componente puede funcionar correctamente en presencia de entradas de información inválidas o condiciones ambientales con altos niveles de estrés* [1][15]. La forma de abordar o prevenir estas circunstancias en los lenguajes orientados a objetos es generalmente por medio de un mecanismo de tratamiento de excepciones [22]. El tratamiento de excepciones es una herramienta eficaz para gestionar los errores provocados por un problema en el sistema, y evitar la aparición de un *fallo* en el mismo. No obstante, existen diversas posibles situaciones en las que los mecanismos de tratamiento de excepciones de por sí no son suficiente para restaurar la consistencia del sistema. Es este trabajo exponemos la solución para la recuperabilidad del modelo de objetos propuesta por RDM[21], un framework para el desarrollo ágil de aplicaciones de negocio, así como la extensión propuesta para el tratamiento de excepción en la orientación a objetos para la mejora de la solidez del software.

Palabras claves: Recuperabilidad, orientado a objetos, recuperación de error, reconstructor, solidez del software.

1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de los productos software que se desarrollan pretenden modelar complicados modelos de negocio que frecuentemente se ven afectados por los habituales cambios en los requisitos del proyecto, producto de la alteración de las reglas de negocio que se están modelando [11]. Cuanto más complicado sea el software que se produce, más frecuente será la presencia de *bugs*, y en consecuencia, más importante el aspecto de **fiabilidad**.

La fiabilidad de los productos software depende de dos factores [15]: la corrección del software su solidez. Actualmente existen diversas tendencias para facilitar el objetivo de la corrección del software ante un ambiente de cambios continuos en los requisitos de los proyectos [5][4], la mayoría relacionadas con la mejora metodológica y la forma de concebir el proceso de desarrollo, centrándose normalmente en la gestión de los requisitos durante el proceso de análisis y su representación. En cuanto al otro pilar de la fiabilidad del software, la solidez se define como *el grado en el que un sistema o componente puede funcionar correctamente en presencia de entradas de información inválidas o condiciones ambientales con altos niveles de estrés* [1][15]. La forma de abordar o prevenir estas circunstancias en los lenguajes orientados a objetos es generalmente por medio de un mecanismo de tratamiento de excepciones [22]. El tratamiento de excepciones es una herramienta eficaz para gestionar los errores provocados por un problema en el sistema, y evitar la aparición de un *fallo* en el mismo. No obstante, existen diversas posibles situaciones en las que los mecanismos de tratamiento de excepciones de por sí no son suficiente para restaurar la consistencia del sistema.

Ante la aparición de una excepción, denotando siempre la aparición de un error en el sistema, el manejador debe detectar y localizar el error para *anular* sus efectos antes de continuar la ejecución (en el caso de que esto sea posible) en el punto donde se abandonó debido a la aparición de la excepción. Las tareas de detección y localización son perfectamente realizables mediante los mecanismos habituales de tratamiento de excepciones. La ejecución del programa se detiene en el mismo instante en el que cualquiera de sus sentencias provoca una excepción, y su localización en el árbol de jerarquía de excepciones permite clasificar su naturaleza. El manejador de excepciones está ligado a un bloque *try/catch* dentro de un método, lo que significa que existe una relación ternaria entre el tipo de excepción, el método y el manejador de la excepción, lo que permite al programador *personalizar* el tratamiento **para cada excepción en cada método**. Sin embargo, esto no siempre es suficiente para restaurar la consistencia del sistema ante la aparición de un error.

En la siguiente sección analizaremos aquellas situaciones comunes en las que el tratamiento de excepciones se muestra insuficiente para restaurar la consistencia del modelo, algo que habitualmente pasa por recuperar el anterior estado consistente. En la sección 3 analizaremos las diferentes soluciones que se han implementado para conseguir la *recuperabilidad* del modelo de objetos. En la sección 4 introduciremos el modelo de recuperabilidad implementado en RDM, y analizaremos el concepto de *reconstructor*, y finalmente, la sección 5 y posteriores describirá la extensión mediante la que se incorporan los reconstructores a la orientación a objetos.

2. LIMITACIONES DEL TRATAMIENTO DE EXCEPCIONES PARA EL DESARROLLO DE SOFTWARE SÓLIDO

El mecanismo de tratamiento de excepciones detecta y localiza la fuente de la excepción, y permite al desarrollador la especificación de un manejador específico asociado al tipo de excepción y al método, pero nadie le dice *qué* es lo que debe hacer en el manejador. Así, es adecuado y suficiente cuando deseamos (¡y podemos!) ignorar el error o cuando optamos por aplicar la estrategia de reintentar la operación que ha generado la excepción, pero no resulta demasiado útil cuando lo que se necesita es llevar el sistema a un estado consistente. La recuperación de la consistencia puede consistir en recuperar el estado anterior (*Backward Error Recovery*), o bien en la construcción de un nuevo estado eliminando las inconsistencias del actual (*Forward Error Recovery*). En cualquiera de los dos casos, se plantean los siguientes problemas:

El tratamiento de excepciones y la garantía de que el sistema ejecutará el bloque *catch* no garantiza que el modelo se restaure.

El modelo de tratamiento de excepciones identifica y localiza el error, representándolo en forma de excepción, pero nos deja un bloque *catch* vacío, y la responsabilidad de rellenarlo con las oportunas sentencias para anular el error y dejar el sistema en un estado consistente. Sin embargo, no nos da información ni medios acerca de como debe alcanzar dicho estado.

```

try
{
    doAnything ( ) ;
    doAnotherThing ( ) ;
    .
    .
    doTheLastThing ( ) ;
}catch (AnyException e )
{
    ¿?
}

```

Ante una situación como la expuesta, ¿Cómo sabemos los pasos que debemos dar para restaurar el modelo? ¿En qué operación ha sido lanzada la excepción? ¿Que cambios han generado en el modelo las operaciones ejecutadas correctamente hasta la aparición de la excepción?

No se sabe qué es lo que hay que restaurar.

Si especializamos la captura de excepciones hasta el punto de generar un bloque *try/catch* por cada método invocado (algo que aplicado a un producto real ofuscaría el código dificultando su mantenimiento), sabremos exactamente cual ha sido el método origen de la excepción.

```

try
{
    paint.rotate( ) ;
}catch (AnyException e )
{
    //Which of the figures in the paint have been moved?
}

```

No obstante, seguimos teniendo varios problemas para la restauración de la consistencia. Supongamos que el código de la figura pertenece a un editor gráfico que, mediante composiciones de componentes (un lienzo contiene varias figuras, que a su vez pueden estar formadas de otras tantas figuras, cada una de ellas representada por un objeto), y entre otras funcionalidades, permite al usuario rotar todo el dibujo en base a un punto de referencia. En caso de surgir una excepción durante la rotación alguna de las figuras contenidas ¿Como saber cuales de las figuras contenidas en el objeto *paint* han sido modificadas hasta la aparición de la excepción? ¿Cuales debemos volver a rotar en sentido inverso para retornarlas a su estado original?

Cuando se sabe *qué* es lo que debemos restaurar, no podemos hacerlo.

Supongamos ahora que nuestra aplicación en desarrollo cuenta con un componente contador que se emplea para contabilizar determinados tipos de eventos ocurridos durante la ejecución del sistema. En base a los requisitos del mismo, se decide durante su diseño que las únicas funcionalidades necesarias en el componente son el incremento y la reinicialización, dado que en ninguno de los escenarios planteados por el cliente se contempla la necesidad de decrementar el contador. La clase Counter resultante sería como la expuesta a continuación.

```

class Counter
{
    private int count ;
    public void inc ( ) { count++;} public void reset( ) { count=0;}
}

```

Bien, supongamos ahora que tenemos el siguiente código en el que se utiliza la clase contador:

```

[ . . . ]
try
{
    counter.inc();
    anotherObject.methodThatFails( ) ;
    // It raises an exception
}
catch (AnyException e )
{
    //How to decrease the counter ?
}

```

En este caso, sabemos qué es lo que hay que restaurar, dado que la clase Counter no levanta excepciones del tipo *AnyException*, pero no podemos restaurarlo puesto que el contador no dispone de ningún método que nos permita decrementar su valor. Por supuesto, la solución resulta sencilla, dado que podemos añadir un método que decremente el

valor del contador e invocarlo desde el manejador de la excepción, pero estaríamos condicionando el diseño del producto dado que dicho método no responde a los requisitos del cliente.

Cuando se puede restaurar, no sabemos cómo hacerlo.

Volvamos al ejemplo del editor. Si con ánimo de conocer cuales de las figuras han sido rotadas antes de la aparición de la excepción fuéramos añadiéndolas al contenedor *rotated*, podríamos conocer cuales tienen que volver a su posición original.

```
Vector rotated = new Vector ( );
try
{
    // each figure adds itself to the vector
    paint.rotate ( rotated ) ;
}
catch (AnyException e )
{
    foreach ( rotated )
    {
        //¿?
    }
}
```

De esta forma, sabríamos exactamente qué figuras han sido rotadas, y cuales deberían volver a su posición original, pero ... ¿Cual era ésta?

3. RECUPERABILIDAD EN LOS LENGUAJE ORIENTADOS A OBJETOS

Se define *recuperabilidad* aplicada al concepto de componente como *la habilidad para recuperar un estado anterior de un objeto, deshaciendo los efectos de las operaciones realizadas sobre el mismo desde el establecimiento de un punto de referencia en la vida del objeto* [10].

Dado que el problema no es nuevo en absoluto, ha habido numerosas propuestas de distinta naturaleza que, bien directamente o bien como efecto secundario, han dado solución mediante la aportación de técnicas BER (*Backward Error Recovery* [10]), especialmente en el ámbito de los lenguajes y sistemas tolerantes a fallos, donde la implementación de las transacciones en código tiene su base precisamente en la recuperación del estado anterior. Se dice que un objeto es *recuperable* si *cuenta con las medidas necesarias para soportar su recuperabilidad* [10].

Ya en 1983 se propuso una implementación experimental de objetos recuperables en Distributed Path Pascal [6], basado en la técnica BER *recovery cache*. El estado original de todas las variables pertenecientes a una rutina son salvadas antes de su comienzo. Si la rutina finaliza sin problemas, las copias (cache) son descartadas. En caso de que suceda algo anormal, los valores originales son sustituidos por los de sus copias. Se trata de una técnica optimista, en tanto en cuanto las modificaciones se realizan directamente sobre la variable, no sobre la copia. Argus [18], desarrollado en el MIT es otro lenguaje que específicamente trata la recuperabilidad del estado de sus objetos. Se basa en la aplicación de transacciones atómicas, y divide los objetos entre volátiles (cuyo estado no es salvaguardado durante la transacción) y estables.

Un enfoque más interesante es el implementado en SESAME[7], donde se aplican dos tipos diferentes de mecanismos de recuperación: el implícito, que automáticamente guarda registro de todos los cambios realizados a nivel de atributo sobre cada objeto, y el explícito, clasificable dentro de las técnicas de *compensación* [10]. La justificación es la aceptación de que no siempre es posible llevar al sistema a un estado consistente basándose simplemente en la restauración de los valores de los atributos, sino que en ocasiones las acciones tomadas durante la operación abortada han podido provocar efectos ajenos al modelo (accionamiento de periféricos externos, por ejemplo) que deben ser *anulados* o *compensados*. La técnica explícita consiste en asociar un método de anulación a cada método cuyo efecto se desee contrarrestar en caso de fallo. La técnica de Reversión propuesta en [10] se basa en la misma idea.

Hay otras soluciones que no están basadas en el desarrollo de nuevos lenguajes, como el *Customizable Object Recovery Pattern* propuesto en [16] consistente en un algoritmo para la recuperación de objetos, o su versión reflectiva que soluciona parte de sus problemas y que fue propuesta en [3]. Otras soluciones se basan en modificar no el lenguaje, sino la máquina virtual sobre la que este es ejecutado. En esa línea se desarrollaron la implementación de *Checkpointing for Java* [20], que extiende la JVM open source Kaffe [12], o *Jest*[9], una máquina virtual de Java modificada para el soporte de transacciones y persistencia de propósito general para los objetos.

Además de las citadas, existen también soluciones basadas en el desarrollo de frameworks, como es el caso de RDM, un framework para el desarrollo ágil de aplicaciones de negocio [11] desarrollado en la universidad de Oviedo como implementación de la arquitectura RDM.

4. RECUPERABILIDAD EN RMD: CONCEPTO DE RECONSTRUCTOR

RDM (Rapid Domain Modeling) es la arquitectura propuesta en [11] para la agilización del desarrollo de aplicaciones de negocio caracterizadas por una alta frecuencia de cambios en los requisitos. Básicamente, se basa en la especialización de los objetos dependiendo de su cometido, muy especialmente en aquellos que modelan elementos del dominio y que constituyen la capa del modelo desde el punto de vista del patrón Model View Controller (MVC) [2][13]. RDM define una aplicación como un compendio de reglas de negocio, operaciones, relaciones y entidades. Estas últimas son implementadas como objetos POJO [14], carentes de lógica alguna, instanciando el patrón *Variable State Pattern* [8]. Las operaciones son, así mismo, objetos independientes de los que se han extraído las reglas de negocio, auténticos focos de cambios consecuencia del dinamismo que los requisitos reales presentan en una empresa en continua evolución. Las relaciones son modeladas igualmente mediante objetos independientes, de forma que sus alteraciones no afecten a las entidades que participan en ellas. Un enfoque similar del tratamiento de relaciones a nivel semántico fue propuesto por Rumbaugh en [19] (ver Figura 15).

Modelado de reglas de negocio en RDM

Con ánimo de aislar las operaciones, cuya lógica rara vez cambiará, de las reglas de negocio, más sensibles a los cambios en el dominio, dichas reglas se modelan mediante monitores y reacciones, aunque su correcto funcionamiento depende de la presencia de otros elementos que abordaremos con detalle: los **reconstructores**.

- Monitores

Según Meyer [15], la garantía de consistencia de un objeto se obtiene mediante el establecimiento e implementación de precondiciones, postcondiciones e invariantes. En este reparto de responsabilidades, los monitores se corresponderían con la implementación de las precondiciones. La comunicación en RDM se realiza por medio del modelo de paso de eventos propio de la especificación de JavaBeans. Un monitor escucha los cambios en el modelo producidos en forma de alteraciones en los valores en los atributos de los objetos, e intercepta la ejecución antes de que en nuevo valor sea establecido. Así, las entidades están siendo validadas de forma externa sin que tengan conciencia de dichas validaciones. Cada validación necesaria en el sistema y fruto del correspondiente requisito, será implementada por un monitor diferente. En caso que un monitor detectara algún problema en su ejecución, el atributo no sería finalmente alterado y se produciría una notificación a la operación que desencadenó la acción.

- Reacciones

Cuando los monitores disparados por el intento de una operación de cambiar el valor de alguno de los atributos de los objetos del modelo no detectan ninguna inconsistencia (la precondición se cumple), el atributo toma ese nuevo valor. Esto puede tener ciertas implicaciones funcionales, como el decremento del stock en el almacén o la generación de una nueva orden de compra para su reposición en una operación **venta**. Las reacciones son elementos que, una vez que el atributo al que se encuentren ligadas ha sido modificado, son disparadas, permitiendo la propagación del efecto de un cambio sobre el modelo.

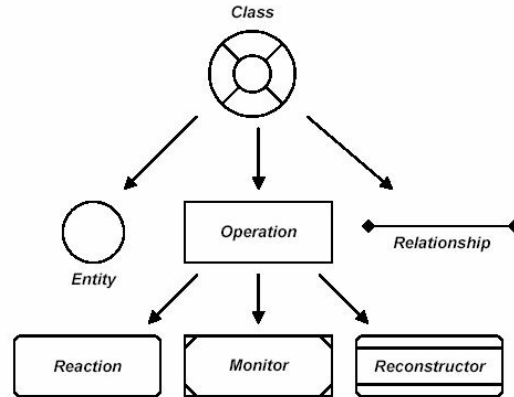


Figura 15 Elementos especializados en la arquitectura RDM

- Resconstructores

Los constructores son el único elemento de los tres de la regla de negocio que no proviene del dominio. Sin embargo, son los que hacen posible que la arquitectura RDM sea implementable [11]. La independencia absoluta de los diferentes elementos que participan en una operación supone un problema al abordar el procesamiento de excepciones durante la ejecución de la aplicación. Si la restauración del modelo en un bloque *catch* es ya difícil e incompleto en el desarrollo orientado a objetos donde el desarrollador conoce las clases con las que interactúa la que captura la excepción, cuanto más lo será si ni siquiera puede saber con cuales está interactuando. En RDM no es posible restaurar la consistencia de los objetos que han sido modificadas porque no se conoce ni cuales son, ni cuantos, ni siquiera sus tipos, dado que no sabemos nunca cuantas reacciones han disparado las acciones ejecutadas hasta la aparición de la excepción.

Debido a esto, se torna imprescindible la adopción de alguna técnica que, automáticamente y de forma transparente, permita volver hacia atrás (BER) y anular todos los cambios producidos en el modelo. La solución propuesta en [11] son los **reconstructores**, un nuevo elemento especializado en la recuperación del estado anterior de un objeto.

“Sin el constructor de una clase es un método que deja a un objeto en un estado inicial, un reconstructor es un objeto que se encarga de dejar el modelo en el último estado válido que conocido”[11].

Diseño de los Reconstructores

Un reconstructor es un objeto asociado al objeto susceptible de ser reconstruido, y del que guarda su estado interno para una futura restauración. El diseño del reconstructor en RDM es una mezcla del patrón *memento* [8], objeto que almacena el estado interno de otro objeto, y del patrón *command* [8], dado que los reconstructores, al contrario que las implementaciones del *memento*, inician la reconstrucción de forma autónoma. El reconstructor tiene sólo con dos métodos:

- Método **reconstruct()**: Será invocado cuando sea necesario restaurar el estado de consistencia anterior.
- Método **discard()**: Una vez que la operación en curso ha terminado con éxito, los reconstructores son destruidos, dado que se asume que no será necesaria la vuelta atrás en el estado del modelo.

```
interface Reconstructor
{
    void reconstruct();
    void discard();
}
```

La siguiente cuestión es determinar donde se orquesta el proceso de reconstrucción, dado que como es evidente, los objetos reconstructores en RDM se limitan a almacenar y restaurar el estado del objeto al que están asociados. El **ReconstructorManager** actúa de director en el proceso de reconstrucción. Los diferentes reconstructores creados durante el transcurso de una operación son añadidos al ReconstructorManager, que guarda referencias a todos ellos. En

caso de que surgiera la necesidad de reconstruir el modelo, sería esta clase la responsable de disparar los reconstructores que tiene referenciados en orden inverso a su creación.

```
class ReconstructorManager
{
void addReconstructor(Reconstructor r)
...;
void reconstruct();
void discard();
...
}
```

Funcionamiento de los Reconstructores

Los reconstructores son entonces elementos especializados en almacenar el estado previo a una modificación en el modelo, pero ... ¿a qué nivel? Las estrategias *checkpointing* o *recovery caché* se basan en la copia del estado del objeto completo, es decir, almacenan el valor de todos sus atributos en el instante previo a la alteración de los mismos. RDM, por el contrario, implementa una variante de la estrategia *audit trial*, es decir, tan sólo se almacenan los cambios producidos a nivel de atributo o relación⁷³. De esta forma, no sólo se registran los cambios en el estado, se registran también los cambios en las relaciones para poder ser restaurados. Cada vez que una parte del modelo es modificada, esta genera un objeto rector que puede deshacer el cambio en caso de que se produjese una excepción. Este rector se añade al ReconstructorManager (en adelante, RC). A medida que las reacciones desencadenadas durante la operación en curso van realizando modificaciones, otros reconstructores se van añadiendo al objeto RC.

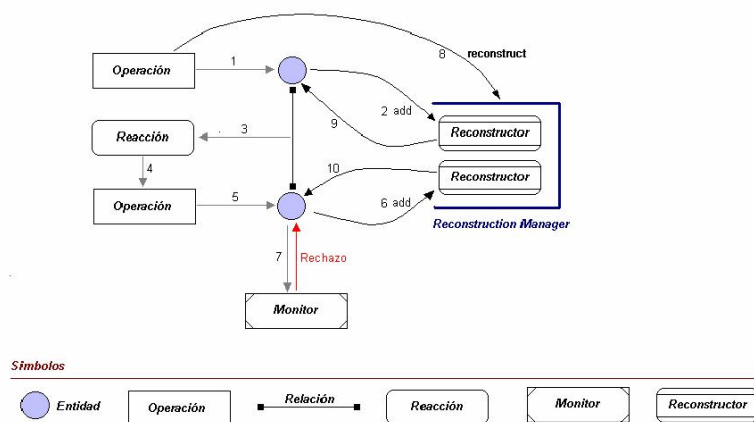


Figura 16 Reconstrucción del modelo en RDM

Si al final la operación en curso todo ha ido bien, se invoca el método *discard()* del objeto RC para eliminar los reconstructores que ya no son necesarios. En caso de la ocurrencia de algún error que exija la recuperación del estado inicial del modelo, se invocará el método *reconstruct()* del RC que disparará todos los objetos reconstructores creados desde el comienzo de la operación (ver Figura 16).

5. EXTENSIÓN DE LA ORIENTACIÓN A OBJETOS MEDIANTE RECONSTRUCTORES.

Pese que debido a su diseño específico para la arquitectura RDM los reconstructores no son directamente portables al marco de los programas orientados a objetos en general, desde el grupo de investigación OOTLAB [17] se ha desarrollado una propuesta de extensión del paradigma orientado a objetos que incorpora la generación automática de reconstructores como mecanismo de recuperabilidad. Aprovechando las actuales características de meta programación de los lenguajes orientados a objetos modernos, que concretamente en Java se representan mediante *anotaciones*, es

⁷³las relaciones en RDM se representan y acceden de igual forma que los atributos

posible incorporar este mecanismo a aquellas clases que, por sus necesidades específicas requieran ser *recuperables*. El empleo de anotaciones para *marcar* cuales serán los objetos reconstruibles permite la reutilización de código ya existente y evita la necesidad de modificar ni sintácticamente ni semánticamente el lenguaje huésped sobre el que se aplique la extensión, uno de los objetivos planteados al comienzo del desarrollo del proyecto.

La solución propuesta se divide entre los denominados reconstructores implícitos y los reconstructores explícitos.

Reconstructores Implícitos

Las acciones reconstruibles más directas son aquellas que realizan un cambio en el estado de un atributo de cualquiera de los objetos definidos en el modelo. Para éstas la reconstrucción queda delegada en los reconstructores implícitos. Cada vez que un atributo de un objeto marcado como reconstruible sea modificado, se crea su correspondiente reconstructor capaz de llevar el atributo a su estado inmediatamente anterior.

Los reconstructores implícitos están siempre ligados a un atributo. Cada vez que ese atributo sea modificado, se creará un reconstructor que, en caso de ser disparado, reestablecerá el atributo a su valor original, es decir, al que tenía inmediatamente antes de ejecutar el método *setXXX* que generó el reconstructor.

Si bien el reconstructor está ligado más bien al método setter del atributo, podemos generalizar y modificar mediante una anotación concreta la declaración del atributo de un objeto, especificando en ese punto que se trata de un atributo reconstruible. Un ejemplo de atributo reconstruible sería el siguiente:

```
. . .  
@reconstructable private int edad ;  
. . .
```

Ante la presencia de la anotación **@reconstructable**, el sistema entiende que debe generar un reconstructor cada vez que el atributo reciba un nuevo valor. En caso de no aparecer dicha anotación, el método setter correspondiente no creará reconstructor alguno, quedando por lo tanto fuera del ámbito de reconstrucción y dejándose la responsabilidad de su restauración en manos del desarrollador.

Es decir, el desarrollador es el responsable de **decidir** si un atributo será reconstruible o no, y deberá especificarlo explícitamente mediante la correspondiente anotación *@reconstructable*. Un atributo por defecto no será reconstruible. De esta forma, el desarrollador marcará como reconstruibles el mínimo conjunto de atributos necesarios, evitando en la medida de lo posible la sobrecarga que conllevan este tipo de estrategias. Esto concuerda con la idea defendida por RDM por la que se defiende la especialización de las clases. Así, las clases reconstruibles deberían ser aquellas que realmente mantienen el estado del modelo, y no todas las presentes en el sistema, dado que muchas de ellas representan el estado de elementos prescindibles del mismo (por ejemplo, la posición del cursor en la pantalla). Por otro lado, el código será perfectamente compatible con código y componentes heredados, dado que por defecto, el preprocesador no tendrá efecto alguno sobre él.

Reconstructores explícitos

Los segundos reconstructores son los denominados *reconstructores explícitos*. Entran dentro de la categoría de técnicas de *compensación*, aplicada como vimos en SESAME[7] o en la propia técnica de Reversión [10]. Dado que el proceso de restauración a un estado estable no se puede limitar a la simple manipulación del valor de un atributo, debemos permitir al desarrollador la definición de la operación inversa de cada método cuya acción sea susceptible de reconstrucción. La idea es básicamente poder crear un método antagónico para aquellos métodos cuya invocación tenga efectos en el modelo global del sistema que no se limitan a los valores de los atributos del modelo. El ejemplo más directo sería la impresión de una línea en un dispositivo de impresión mecánica, donde lo más parecido a la anulación pueda ser imprimir una nueva línea indicado que se debe ignorar la anterior.

Así, para cada método que se desee hacer *reconstruible* se deberá definir su propio método antagónico que será invocado por el sistema en caso de que se produjese la reconstrucción. Queda pendiente la tarea de ligar ambos métodos, de forma que el sistema pueda averiguar la relación entre ellos y así disparar el método reconstructor cuando sea necesario.

Pongamos por ejemplo que se está diseñando un sistema de video cajero que cuenta con una cinta transportadora para llevar la película solicitada de su casillero a la boca de salida. En el escenario de querer comenzar la extracción de la película pese a no haber recibido la confirmación del banco, se nos plantea la problemática de que ante el hipotético rechazo del banco, la película quedaría en algún punto intermedio de la cinta transportadora entre el origen y la boca de

salida del cajero. La solución a esta situación pasa por especificar el método antagónico a aquel que procesa la entrega de la película. Supongamos que el modelo de objetos cuenta con el método *prepareDelivery* que lleva la película desde su punto inicial hasta la boca de salida, que permanecerá cerrada hasta recibir el consentimiento del banco.

```
/**
 *This method receives the coordenates of the film to deliver in the DVD case .
 **/
public void prepareDelivery ( Coordinate origin)
{
    <<Moves the film from the origin coordinate to the delivery tramp>>
}
```

Para dejar el sistema en estado consistente, y evitar así que el próximo cliente se lleve dos películas por una, debemos o bien controlar esta situación explícitamente mediante la captura de las pertinentes excepciones el la parte del código donde resulte adecuado (es decir, mediante le tratamiento habitual de excepciones en la orientación a objetos), o bien mediante el desarrollo de un reconstructor explícito para el método *prepareDelivery*.

De momento, nos vamos a conformar con desviar la película en curso hacia un cajón desastre de donde será recuperada por el encargado del mantenimiento de la máquina y clasificada de nuevo en su correspondiente compartimento.

```
@reconstructor
public void prepareDelivery ( Coordinate origin )
{
    <<code ...>>
}
```

Se adopta el convenio de nombrar al método reconstructor igual que el método reconstruible precediéndolo de dos subrayados. Esto facilitará la trazabilidad y legibilidad del código fuente de los programas. Además, y dado que la política es que por defecto los reconstructores no actúen, el reconstructor permanecerá inactivo a no ser que el método esté etiquetado con la anotación **@reconstructor**.

El funcionamiento de este tipo de reconstructores es similar al de los implícitos. El sistema deberá crear un reconstructor cada vez que el método que a reconstruir sea invocado. En el escenario descrito, una vez que el haya comenzado el movimiento de la cinta, se habrá añadido también el correspondiente reconstructor en el camino de reconstrucción, de forma que en caso de error, entre otras cosas, se disparará el método reconstructor y la película abandonara la cinta de transporte.

Pese a que en el problema descrito se ha solventado el problema, sto puede no ser suficiente para anular el efecto de un método de forma satisfactoria. Ante determinados escenarios, es posible que el método reconstructor necesite más información que la recibida como parámetros en la invocación de su método antagónico. Lo más habitual será que se trate de atributos del mismo objeto cuyo valor se necesita conocer para poder anular los efectos del método reconstruido. En ese caso, no hay problema alguno, puesto que además de ser un método reconstructor, el susodicho es un método más del objeto, y por tanto tiene completo acceso a sus atributos.

Cabe la posibilidad de que dichos atributos hayan variado desde la invocación del método original y la del reconstructor. Sin embargo, contarán con sus propios reconstructores implícitos, que habrán sido ejecutados al desandar el camino de reconstrucción en algún momento entre el final de este y la posición del reconstructor que nos ocupa, y por lo tanto presentarán los mismos valores que en el momento en el que se introdujo el reconstructor.

El problema lo encontramos cuando en el método original estamos manipulando elementos o recursos externos al objeto y cuyo estado debe ser restaurado o corregido. Pongámonos en el caso de estar utilizando una librería ajena a la existencia de los reconstructores y cuyos objetos son capaces de mantener su estado. Bajo estas circunstancias, tendríamos que ser capaces de volver a establecer el estado que tenían originalmente estos objetos cuando el método original fue invocado. En determinados contextos, y por requerimientos del sistema o del propio proceso de reconstrucción, es posible que lo que necesitemos almacenar sea una fotografía de algún valor ajeno al objeto. Esto nos lleva a la necesidad de congelar determinados aspectos o valores del sistema en el momento de la invocación, y de guardar estas fotografías de alguna forma para que el reconstructor pueda disponer de ellas cuando deba realizar su trabajo.

En resumidas cuentas, necesitamos una medio para *transmitir información al reconstructor tal y como estaba en el instante de la invocación del método original*. Una alternativa sería utilizar atributos reconstruibles dentro del mismo objeto, pero esto desnaturalizaría el concepto de atributo dado que su función sería completamente artificial.

El envío de atributos desde un método hacia su reconstructor es lo que se presenta algo más engorroso, dado que en ningún momento se realiza una invocación al mismo desde el método original. En esencia, el método original no va a enviar directamente la información al reconstructor, sino que se la comunicará al sistema y será éste el que, en el momento adecuado, realizará el envío durante la invocación del reconstructor. Desde este prisma, nos bastará con marcar qué información deseamos enviarle al reconstructor para que el sistema se haga cargo de ella.

La alternativa escogida ha sido mantener el uso de anotaciones, pero no a nivel de método sino a nivel de variable, y utilizando la instanciación de variables en el método como medio de preparación de los parámetros del constructor. Lógicamente, y siguiendo los objetivos plateados, no todas las variables que se instancien dentro de un método serán por defecto enviadas al reconstructor, sino aquellas que sean *marcadas* para ello mediante una nueva anotación. Veamos como nos quedaría ahora el método *prepareDelivery*:

```
public void prepareDelivery( Coordinate origin )
{
    @toReconstructor Date initialInstance =
        new Date();
}
<<code>>
```

Cuando el sistema encuentre la declaración de la variable *initialInstance* marcada con la anotación **@toReconstructor** entenderá que cuando llegue el momento de invocar al reconstructor del actual método, deberá pasarle como parámetro *el valor inicial que tome la variable en el instante de su declaración*. Cabe señalar que nuevamente estamos haciendo uso de un convenio de nombres, puesto que el sistema sabrá con cual de los parámetros se corresponden cada una de las variables marcadas con la anotación **@toReconstructor** comparando el nombre de la variable con el nombre asignado al parámetro en la definición del método reconstructor. Optando por este segundo planteamiento, evitamos la restricción impuesta por la especificación de las anotaciones, pudiendo así enviar tantos parámetros como sean necesarios desde el método original hacia su reconstructor.

Además, trabajando de esta forma dejamos abierta al desarrollador la posibilidad de que los parámetros recibidos por el reconstructor sean no los objetos originales, que como hemos visto pueden estar fuera de la acción de los reconstructores y por lo tanto cambiar su estado, sino clones de los mismos realizados en el momento de la declaración de la variable en el reconstructor, de forma que aunque su valor original se altere, el reconstructor recibirá el que tenía en el momento de la invocación del método original. Queda pues al criterio del desarrollador el enviar un objeto o bien una versión congelada del mismo.

6. LANZAMIENTO DE RECONSTRUCTORES

La cuestión pendiente es en qué momento deben lanzarse los reconstructores. Dado que el objetivo del proyecto no es la sustitución de los actuales mecanismos de gestión de errores, sino su extensión para cubrir las carencias que se expusieron en el apartado 2 del presente trabajo, los reconstructores y si gestión se deberán integrar perfectamente con el mecanismo de tratamiento de excepciones vigente. Así, en los actuales diseños de la solución (en ciernes de terminarse) se abre un *contexto de reconstrucción* cada vez que comienza un bloque *try/catch* o método. Si una excepción escapa al tratamiento o se deja pasar sin procesarla, se procede a la reconstrucción de los objetos modificados en el actual contexto. Se están estudiando otras posibles alternativas, como la especialización de ciertas excepciones para que actúen de controladoras de los contextos, dado que la actual implementación presenta limitaciones de compatibilidad con el código que haga uso de excepciones a modo de mecanismo de paso de eventos, algo por otro lado poco conveniente.

7. TRABAJO FUTURO

La versión descrita, debido a las características de la implementación y a la condición de piloto de esta primera versión cuenta con las mismas limitaciones que los reconstructores implementados por el framework RDM. Así, sólo funciona en entornos monohilo, dado que la extensión al multihilo requerirá la incorporación de mecanismos de control de concurrencia que eviten condiciones de carrera en las reconstrucciones y otros problemas derivados. Siguiendo versiones del piloto proyectan incorporar condiciones de atomicidad a los contextos de reconstrucción, de tal forma que los reconstructores serian implementaciones prácticas de transacciones en código.

Igualmente, es actualmente inviable la ejecución en clusters de servidores, modelo de escalabilidad hoy en día más adoptado en el desarrollo en servidores de aplicaciones y sistemas distribuidos en general. Será necesario un mecanismo

de coordinación entre los diferentes nodos del cluster para que coordinen la reconstrucción de los objetos que pueden repetirse o clonarse en cada una de las diferentes máquinas de la granja.

8. CONCLUSIONES

El framework RDM fue aplicado con éxito en varios proyectos reales de envergadura, donde los cambios en los requisitos eran pauta común en la vida del proyecto. La incorporación de los reconstructores como medio de dotar de recuperabilidad a los objetos del modelo simplificó la gestión de excepciones de los mismos, y en consecuencia, su mantenimiento, dado que parte de la implementación de las reglas de negocio modeladas en una aplicación software se materializan en la forma en la que se tratan las excepciones.

La extensión propuesta pretende simplificar el tratamiento de errores sin limitarse a las aplicaciones del framework RDM, dotando al sistema de recuperabilidad *sólo para aquellos objetos que sean clasificados como recuperables por el desarrollador*. La posibilidad (y obligación) de especificar explícitamente cuales serán objetos recuperables, y el hecho de que el comportamiento por defecto de los objetos sea el común, permite al diseñador controlar el conjunto de objetos recuperables, minimizando la sobrecarga al limitar la condición sólo a aquellos objetos cuyo estado sea un factor crítico en la consistencia del modelo de objetos, evitando así uno de los mayores problemas con los que se encuentran este tipo de soluciones dada la cantidad de código y acciones *extra* que se requieren para alcanzar la *recuperabilidad*.

Las siguientes versiones de la propuesta permitirán desarrollar aplicaciones en cluster y entornos multihilo en general, y se diseñarán con el objetivo de permitir una plena integración con otros entornos transaccionales más habituales como la coordinación de objetos distribuidos (Java Transaction API, Java Transaction Service, CORBA Transaction Service, Tuxedo, etc.) o con los monitores transaccionales de los sistemas de bases de datos.

REFERENCIAS

- [1] Ieee glossary of software engineering terminology. IEEE Standards, 729, 1982.
- [2] Tomi Tuomainen. Use high-level mvc and pojos with swing, 2005. short description of paper 6 2006/6/7
- [3] Maria Lcia Blanck Lisba Acauan Pereira Fernandes. Reflective implementation of an object recovery design pattern. 2003.
- [4] Manifiesto for agile software development. <http://agilemanifesto.org>.
- [5] Kent Beck and Martin Fowler. Planning Extreme Programming Addison Wesley, 2001.
- [6] Randerll B. Campbell R.H., Anderson T. Practical Fault Tolerance Software for Asynchronous Systems. IPAC Safecom 83. Cambridge, UK, 1983.
- [7] Flaviu Cristian. A recovery mechanism for modular software. In ICSE '79: Proceedings of the 4th international conference on Software engineering, pages 42–50.A, Piscataway, NJ, USA, 1979. IEEE Press.
- [8] Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson, and John Vlissides. Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software. Addison Wesley, Reading, Mass., 1995.
- [9] Alex Garthwaite and Scott Nettles. Transactions for java. In International Conference on Computer Languages, pages 16–27, 1998.
- [10] I.V.Shturtz. B. Romanovsky Tikhomirova. Object-oriented approach to state restoration by reversion in fault tolerant systems
- [11] Raul Izquierdo. RDM: Arquitectura Software para el Modelado de Dominios en Sistemas Informáticos. PhD thesis, University of Oviedo. Computer Science Department, Spain., 2002.
- [12] Andreas Krall. Efficient JavaVM just-in-time compilation. In Jean-Luc Gaudiot, editor, International Conference on Parallel Architectures and Compilation Techniques, pages 205–212, Paris, 1998. North-Holland.
- [13] G. Krasner and S. Pope. A description of the model-view-controller user interface paradigm in the smalltalk-80 system. Journal of Object Oriented Programming, 1(3):26–49, 1988.

- [14] Martin Fowler, 2006. <http://www.martinfowler.com/bliki/POJO.html>.
- [15] Bertrand Meyer. Object-Oriented Software Construction. Prentice-Hall, second edition, 1997.
- [16] A. Silva, J. Pereira, and J. Marques. Customizable object recovery pattern, 1997.
- [17] Object oriented technology lab, 2006. <http://www.ootlab.uniovi.es>.
- [18] B.M. Oki. Reliable object storage to support atomic actions. M.sc. thesis,, MIT Dept EE and CS, May 1983.
- [19] James Rumbaugh. Relations as semantic constructs in an objectoriented language. In OOPSLA '87: Conference proceedings on Object-oriented programming systems, languages and applications, pages 466–481, New York, NY, USA, 1987. ACM Press.
- [20] James S. Plank. Checkpointing java.
- [21] Juan M. Cueva Lovelle Ral Izquierdo Castanedo, Cesar F. Acebal. Rdm: An object oriented entity relationship model framework. SNPD '02. 3rd ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing. June 26-28, 2002.
- [22] Alexander Romanovsky, Christophe Dony, Jorgen Lindskov Kunden, and Anand Tripathi, editors. Advances in Exception Handling Techniques. Springer, 1992.

Hacia un Marco de Trabajo para la Definición de Procesos de Desarrollo de Software; Framework-PDS

PhD. Juan Carlos Vidal Rojas

Universidad del Cauca, Depto. de Sistemas,
Popayán, Colombia, 057
jcvidal@unicauca.edu.co

Julio Ariel Hurtado Alegría

Universidad del Cauca, Depto. de Sistemas,
Popayán, Colombia, 057
ahurtado@unicauca.edu.co

John Fredy Martínez Gómez

Universidad del Cauca, Depto. de Sistemas,
Popayán, Colombia, 057
jfmartinez@unicauca.edu.co

Fabián Rodrigo Guerrero Guzmán

Universidad del Cauca, Depto. de Sistemas,
Popayán, Colombia, 057
fguerrero@unicauca.edu.co

ABSTRACT

The software development process involves the different areas of software engineering, and it's the guide element for the management of software projects. Nevertheless, the Colombian software industry and in general, in Latin America, to the software development process doesn't have the importance that is deserve, contributing to it's less grow. This situation is considerable affecting the organizations working and the quality of their products. An important aspect inside the process of an organization is that it will be visible and documented. For this reason, Framework-PDS facilitates the software enterprises the definition, visualization y improvement of their development process. Based on the reference model SPEM [51] full fill with the interface 1 of the WFMC. This work will present the conceptual and technological frame for the definition of the development processes, as well as the business model and the preliminary architecture of the Framework-PDS.

Keywords: Process, Quality, Software engineering, Model, Meta-model, Architecture, XMI.

RESUMEN

El proceso de desarrollo de software involucra las diferentes áreas de la Ingeniería del Software y es el elemento guía para la gestión de los proyectos de software. Sin embargo, en la industria de software Colombiana y en general, en Latinoamérica, al proceso de desarrollo de software no se le ha dado la importancia que se merece, contribuyendo a su falta de madures. Esta situación esta afectando considerablemente el funcionamiento de las organizaciones y la calidad de sus productos. Un aspecto importante del proceso dentro de una organización es que sea visible y documentado. Por esta razón, Framework-PDS facilita a las empresas de software la definición, visualización y mejoramiento de sus procesos de desarrollo. Basado en el modelo de referencia SPEM [51] cumpliendo con la Interfase 1 de la WFMC. Este trabajo presentará el marco conceptual y tecnológico para la definición de los procesos de desarrollo, así como el modelo de negocios y la arquitectura preliminar del Framework-PDS.

Palabras claves: Proceso, Calidad, Ingeniería del software, Modelo, Metamodelo, Arquitectura, XMI⁷⁴.

⁷⁴ XML Metadata Interchange
353

1. INTRODUCCION

En Colombia, al igual que en el resto de países latinoamericanos la industria del software es incipiente, las empresas del sector enfrentan una indudable desventaja dada por la falta de competitividad que dificulta su crecimiento y aumenta la dependencia existente con los países desarrollados. La industria colombiana no está preparada para ser competitiva internacionalmente, antes se debe priorizar y concientizar de la importancia que tiene la documentación y mejora del proceso sobre la calidad del producto y que éste, en nuestro ámbito, aun se encuentra en una etapa inmadura, haciendo en la mayoría de los casos, que la calidad del software que se desarrolla sea baja, el tiempo de desarrollo inapropiado, los costos altos, el mantenimiento complejo y desde luego el aumento de la insatisfacción de los clientes y usuarios finales. [45]

Pero, ¿cómo motivar a las empresas de desarrollo de software colombianas para que mejoren sus procesos de desarrollo, de tal manera que les permita incrementar su competitividad nacional y mundial? El Sistema Integral para el Mejoramiento de los Procesos de Desarrollo de Software en Colombia SIMEP-SW⁷⁵, busca dar una respuesta a este interrogante, pretende brindar las herramientas necesarias para motivar a las empresas a mejorar sus procesos, con el objetivo de facilitar su posicionamiento y competitividad tanto en el mercado nacional como en el internacional.

SIMEP-SW, se compone de:

- c. Un proceso ágil: Guía el programa de mejora de procesos.
- d. Un modelo de calidad liviano: Integra personas, equipos, proceso y producto.
- e. Un modelo de evaluación: Permite identificar y diagnosticar problemas de la industria en cuanto al proceso.
- f. Un marco de trabajo para la definición de procesos con un enfoque hacia el desarrollo de software, pero aplicable a más procesos dentro de las organizaciones.

El Marco de Trabajo para la Definición de Procesos de Desarrollo de Software (Framework-PDS) es una plataforma libre de licenciamiento, flexible y de código abierto, basada en el modelo de referencia SPEM, que facilita a las empresas de software la definición, visualización y mejoramiento de sus procesos de desarrollo. Se pretende brindar un instrumento más para el control de sus procesos, el seguimiento y evaluación de proyectos y como resultado, una incidencia directa en la calidad de los mismos.

2. MARCO TEORICO

Modelado de Procesos

Un paso fundamental para la comprensión y mejora continua de los procesos de una organización es el modelado de procesos, éste trata de capturar las características principales del proceso que se lleva a cabo identificando actividades, sus responsables, los productos obtenidos, etc. [46]

Evaluación y Mejora de Procesos

La evaluación de los procesos software detecta los aspectos que se pueden mejorar de un proceso software. Para ello es necesario proporcionar un marco efectivo para la medición de los procesos y productos software en una organización. La integración de ésta área con el modelado de procesos es un factor fundamental para que una organización alcance un alto grado de madurez en sus procesos, tal como lo identifican diversos estándares, entre los que se destacan especialmente CMM⁷⁶, ISO⁷⁷ y sobre todo CMMI⁷⁸.

⁷⁵ SIMEP-SW es un proyecto de la Universidad del Cauca con el apoyo de Colciencias

⁷⁶ Capability Maturity Model

⁷⁷ International Standards Organization

⁷⁸ Capability Maturity Model Integration

La consecución de un marco de trabajo que permita hacer una gestión integral del proceso, cumpliendo una semántica clara y bien definida, establece una jerarquía de especificaciones sobre las cuales se soporta su construcción. La OMG⁷⁹ define varias de estas especificaciones las cuales se constituyen en estándares para la industria del software y entre las cuales se destacan MOF, UML, CORBA, SPEM y XML.

Software Process Engineering Metamodeling - SPEM

SPEM es una especificación para la definición del ciclo de vida de los procesos y sus componentes, extiende del Unified Modeling Process (UML) con estereotipos de procesos específicos. SPEM es usado para describir un proceso de desarrollo de software o una familia de procesos de desarrollo de software relacionados. La especificación SPEM está estructurada como perfil UML y además como metamodelo basado en MOF de esta manera facilita las funciones de intercambio entre herramientas UML y herramientas y repositorios basados en MOF [51].

SPEM como un Metamodelo

El metamodelo autónomo SPEM es construido extendiendo un subconjunto del metamodelo físico de UML 1.4. Este subconjunto UML es conocido como SPEM_Foundation que proporciona la base necesaria para modelar procesos. Adicionalmente se presenta el paquete SPEM_Extensions, el cual adiciona los constructores y semánticas requeridas para la ingeniería de procesos de Software.

SPEM como perfil UML

Un perfil UML es una variación UML que usa los mecanismos de extensión de UML de una forma estandarizada, para un propósito particular. Los perfiles pueden contener estereotipos, definición de etiquetas y restricciones, estos también pueden contener tipos de datos que son usados por las etiquetas de definición para dar claridad informalmente de los tipos de valores que están asociados a las etiquetas de definición. El perfil puede también contener sus propios estereotipos, los cuales están soportados por clases bases de UML y son necesarios para realizar los diagramas de representación, que en el perfil SPEM constan de Diagramas de Clases, Diagramas de actividad, Diagramas de casos de Uso, Diagramas de Secuencia y Diagramas de estado.

Trabajos Relacionados

Se relaciona en forma resumida el desarrollo de plataformas para la definición y visualización de procesos de software realizados por otros autores, las cuales, tienen similitudes con Framework-PDS.

- Unifiet Modeling Lenguaje – UML: La falta de estandarización en la manera de representar gráficamente un modelo, impedía que éstos se pudieran compartir fácilmente entre distintos diseñadores. Por esta razón fue creado el Lenguaje de Modelado Unificado – UML, que se caracteriza por ser visual y consistente, mediante el cual se expresan los resultados de diferentes metodologías orientadas a objetos. Requiere convertirse en un lenguaje estándar con el que sea posible modelar todos los componentes del proceso de desarrollo de aplicaciones [50].
- Rational Unifiet Process – RUP: Es un marco de trabajo genérico que puede especializarse para gran cantidad de sistemas software, para diferentes áreas de aplicación, diferentes tipos de organizaciones, diferentes niveles de aptitud y diferentes tamaños de proyectos [47].
- Modelo de Procesos para la Industria de Software MoProSoft – Patrón de Procesos: Macroproyecto adelantado por la industria de software mexicana, con el objetivo de establecer un modelo que permita mejorar la calidad del desarrollo de software [52].
- Modelo Jerárquico de Roles para Organizaciones de Pequeño Tamaño: Framework software accesible vía Web, para la generación de sistemas de ayuda a la Decisión, que permite almacenar datos de un proceso de desarrollo de software, con el fin de optimizarlo y aumentar los niveles de calidad en la empresa [53].
- Promenade: Es un lenguaje para modelar procesos de software, utiliza UML como base para definir sus construcciones mediante la generación de un perfil para este ámbito.

⁷⁹ Object Management Group

Así mismo, existen muchos otros trabajos relacionados como: Sistema Informático para el Seguimiento y Supervisión de Procesos de Desarrollo de Software, BPwin, SQS-Requirements, WORKFLOW, GenMETRIC, MT-ECMA, MANTIS. La Figura 1, relaciona algunas de las diferencias importantes con las cuales es posible comparar FrameWork-PDS con las plataformas mencionadas anteriormente.

Solución \ Característica	LMP	Interoperabilidad (Interface 1 y XMI)	Licencia	Plataforma	Modelo de Calidad Asociado
Herramientas UML	MOF – UML	✗	Abierta /Cerrada	Abierta/ Cerrada	-
RUP	UML	✗	Comercial	Windows/ Linux	-
Sistema Informático para el Seguimiento y Supervisión de Proyectos de Desarrollo de Sw.	UML	✗	Cerrada	Cerrada	-
Patrón de Procesos MoProSoft	UML	✓	-	-	MoProSoft
BPwin	-	✓	Propietaria	Cerrada	-
SQS-RequirementsWORKFLOW	-	✓	Propietaria	Cerrada	-
Modelo Jerárquico de roles para organizaciones de pequeño tamaño	UML	✗	Open Source	Multi-plataforma	CMM
MT-ECMA	-	✗	-	-	ISO 15940
GENMetrics	UML	✓	-	-	ISO 15939
MANTIS	MOF	✓	-	-	ISO
FrameWork PDS	SPEM	✓	Open Source	Multi-plataforma	Agile SPI
PROMENADE based tools	UML	✗	-	-	-

Figura 1. Paralelo de características en herramientas enfocadas al proceso de software

3. AGILE SPI

Agile SPI (Agile Software Process Improvement), es un modelo integral para la mejora del proceso de desarrollo de software propuesto por el grupo de desarrollo de SIMEP-SW, que presenta los siguientes atributos de calidad controladores de su Arquitectura [47]:

De la industria:

- La industria Colombiana está naciendo, las empresas apenas se están organizando como tal.
- Hay un gran interés en innovar en cuanto a productos o servicios, pero no en cuanto a la organización de sus procesos.
- Los procesos seguidos son ad-hoc, livianos o caóticos, no hay gran motivación en mejorar este aspecto.
- Dada la realidad de la industria Colombiana, una industria en crecimiento, cuyas organizaciones son pequeñas en número de personas, el modelo debe ser liviano, fácil de implementar

- El aseguramiento de la calidad está más enfocado a la prueba que a tener un programa completo de aseguramiento de calidad [47].

De la academia:

- La academia está acogiendo nuevas formas de desarrollo, sin embargo hay más empatía por las tecnologías, que por los procesos o metodologías.
- La mejora del proceso se considera un trabajo remoto, al alcance de pocos y para empresas gigantescas, se desconoce que es posible adelantarlos desde los equipos, sus integrantes y nivel empresarial.
- Las universidades que imparten este trabajo muestran los modelos de calidad, su interpretación y toda la infraestructura requerida para hacerlo, esto puede motivar trabajar por mejorar el estado del arte, pero desmotiva a la hora de trabajar por cambiar el estado de la práctica [47].

Todas estas razones, han proporcionado una arquitectura preliminar de Agile SPI, la cual presenta los siguientes componentes (ver **Figura 2**):

- Un proceso ágil de guía a un programa de mejora de procesos en el marco de un proyecto de mejora. Es un proceso que cuenta con los elementos básicos para hacer posible que una empresa que está surgiendo, una empresa pequeña o mediana, pueda adelantar esfuerzos hacia la adecuación de un proceso de desarrollo acorde a sus necesidades.
- Un modelo de calidad liviano, que integre personas, equipos, proceso y producto, y que guíe la organización de las personas y los equipos, las disciplinas y las áreas de trabajo asociadas a la definición, aplicación y mejora del proceso hacia un nivel de madurez definido.
- Un modelo de evaluación que permita identificar y diagnosticar problemas de la industria en cuanto al proceso y que permita trazar unos planes de mejora de acuerdo a un modelo/estándar de calidad definido.
- Un marco conceptual y tecnológico para la definición, visualización y aplicación (Framework-PDS), auditoría – Quality Models’s Apraisal Tool, ejecución (DESDE – Distributed Engineering Software Process Environment) y gestión de procesos – Process Management System, con enfoque hacia el desarrollo de software, pero aplicable a más procesos dentro de las organizaciones.
- Una comunidad regional con proyección nacional en Internet, que permite ingeniería de software de soporte [47].

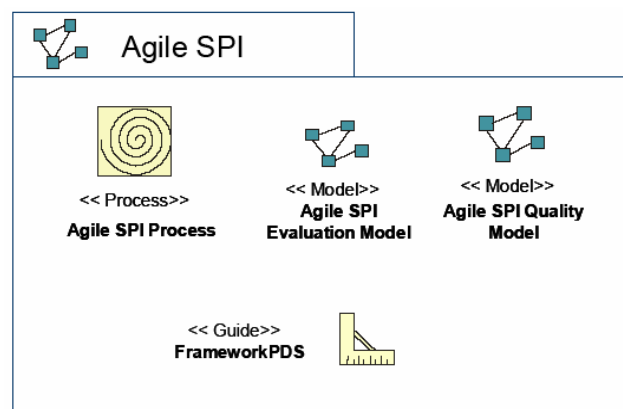


Figura 2. Arquitectura conceptual de Agile SPI

4. EL MARCO DE TRABAJO PARA LA DEFINICIÓN DE PROCESOS DE DESARROLLO DE SOFTWARE

Framework-PDS es una plataforma libre de licenciamiento, flexible y de código abierto, basada en un modelo de referencia que facilita a las empresas de software la definición, visualización y mejoramiento de sus procesos de desarrollo. Para lograrlo, Framework-PDS se ha trazado tanto un objetivo general como objetivos específicos, a saber:

Objetivo General

Construir un Marco de Trabajo que soporte la definición, visualización y aplicación de procesos de desarrollo de software, estructurado bajo la especificación SPEM garantizando su portabilidad y adaptabilidad a estándares de WFMC.

Objetivos Específicos

- Crear una base de conocimiento centrada en las tecnologías de procesos de software que pueda ser aprovechada por la industria del software colombiana en sus programas SPI (Software Process Improvement)
- Desarrollar una herramienta software, de libre licenciamiento, flexible y de código abierto, basada en la especificación SPEM y en cumplimiento con la *interfaz 1 (Workflow Definition Interchange)* del modelo de referencia Workflow Management Coalition
- Entregar a la comunidad empresarial y académica un conjunto de herramientas, plantillas, informes técnicos y demás documentos con el fin de aportar a la mejora de la calidad y la productividad de la ingeniería del Software en el país.

El modelo de referencia SPEM, el cual como metamodelo de procesos, proporciona la flexibilidad necesaria para que, dentro del Framework-PDS, una empresa software pueda definir y modelar su propio proceso, y SPEM como perfil, permite la documentación y visualización de todos los componentes del proceso. Al cumplir con la interfaz 1 (Workflow Definition Interchange) del modelo de referencia Workflow Management Coalition, además de proporcionar escalabilidad, ofrece la posibilidad de interoperar con otras herramientas de éste estándar.

Modelo de Negocio, Framework-PDS

Un modelo de negocio, describe los procesos de negocio de una empresa en términos de casos de uso del negocio y actores del negocio que se corresponden con los procesos del negocio y los clientes respectivamente. Presenta un sistema desde la perspectiva de su uso y esquematiza cómo proporciona valor a los usuarios, que para este caso son sus clientes y socios [48].

La **Figura 3**, muestra de manera muy general, el modelo de negocio asociado a la unidad de negocio encargada de liderar la definición y mejora del Proceso Software dentro de una organización, tarea que será apoyada por el Framework-PDS.

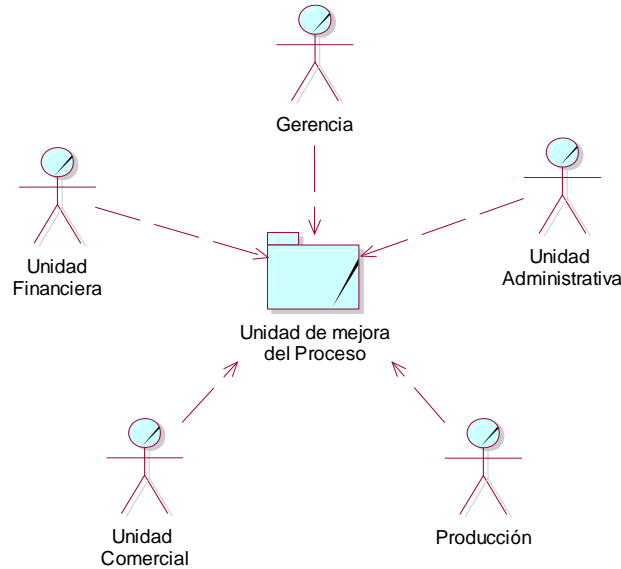


Figura 3. Modelo de negocio general Framework – PDS

La **Unidad de Mejora del Proceso** (nuestra unidad de negocio) tiene como objetivo principal la mejora continua del proceso productivo. Para lograrlo, es necesario involucrar activamente las diferentes áreas de una organización que de una u otra manera, inciden en la mejora de los procesos internos, las cuales han sido definidas como actores del negocio.

La **Gerencia** toma y apoya la decisión de crear una unidad de mejora de procesos, independientemente que se busque una certificación o no. El gerente de la organización debe tener claro que la mejora de los procesos no es una actividad sencilla y que requiere mucho tiempo, recursos y esfuerzo para lograrlo, que su participación es fundamental en la toma de decisiones y asignación de roles y responsabilidades y que además, debe acompañar a la unidad durante todo el proceso.

La mejora de procesos software requiere la asignación constante de recursos como humanos, logísticos y económicos. Por esta razón, se ha involucrado la **Unidad Financiera**. La **Unidad Comercial** en una organización desarrolladora de software, generalmente es la encargada de determinar los requisitos relacionados con el producto, la revisión de los mismos, la comunicación con los clientes y en si, la comercialización del producto. Es muy importante involucrarla en la mejora del proceso dado que con ella, están involucrados procesos críticos, que no solo están en el interior de la organización sino que son visibles al exterior, en donde es importante mostrar una empresa organizada. Además, impone restricciones de calidad y de tiempos a los proyectos, restricciones que tienen implicaciones en la definición de los procesos.

El actor de negocio **Unidad Administrativa** juega un papel importante en la organización de las actividades y los recursos, para que la mejora del proceso tenga éxito dentro de la organización.

El actor de negocio **Unidad de Producción** es en donde se sintetiza la mayoría del trabajo de mejora de procesos, dado que es en ésta unidad en donde se instancian los procesos y se ve reflejado la mejora de los mismos. Igualmente, los requisitos de mejoramiento son obtenidos del diagnóstico que se realice a sus procesos.

Después de determinar el modelo de negocio general del Framework-PDS e identificar los actores de negocio, se obtiene una visión más aproximada de lo que finalmente en conjunto, va a ser la documentación de procesos en una organización utilizando el Framework-PDS como su herramienta de documentación.

5. ARQUITECTURA FRAMEWORK-PDS

Para determinar la arquitectura más apropiada del Framework-PDS, el equipo de desarrollo, decidió seguir las metodologías QAW y ADD publicadas por el SEI.

El *QAW (Quality Attribute Workshop)* provee una forma de identificar cualidades importantes de los atributos y de sus escenarios asociados para clasificar los requerimientos del sistema antes que la arquitectura software sea creada. El QAW extrae, colecciona y organiza los requerimientos de los atributos de calidad en forma de escenarios. El resultado es tratar de seguir con un análisis y planeación para determinar los pasos futuros. El *ADD - Attribute-Driven Design*: define una arquitectura de software basándose en el diseño de proceso de los atributos de calidad que el software cumple a cabalidad, así éste puede complementar la arquitectura funcional candidata definida por el RUP. El ADD depende de entender las restricciones del sistema y de sus requerimientos de calidad y funcionalidad [49].

Aplicación del QAW

Con éste método, se identifican los drivers arquitecturales y propone satisfacer los requerimientos de negocio o programáticos, los cuales, permiten identificar los primeros componentes funcionales:

Requisitos funcionales:

- i. Modelar un proceso
- ii. Generar el repositorio del proceso
- iii. Administrar el repositorio con activos de procesos

Requisitos no funcionales (Atributos):

- a. Modificabilidad (Que se pueda modificar en plazos cortos de tiempo)
- b. Interoperabilidad (Metadato) – Modelo XMI/SPEM
- c. Portabilidad / Adaptabilidad del modelo – Máquina de Wfmc: Interface I.

En la **Figura 4**, se identifican los componentes iniciales que conformarán el Framework-PDS. En la sección de Modelado, se encuentran los módulos: *Herramienta UML Perfil SPEM* y *Herramienta SPEM*. Ambos módulos representan las herramientas de modelado de procesos que se pueden utilizar para hacer visible los procesos de la organización.

Los módulos *Parser XMI* e *Instanciador del Proceso*, hacen parte de la Generación. El módulo *Parser XMI* es necesario cuando el archivo XMI es generado desde una herramienta UML con perfil SPEM, dado que es necesario pasar el modelo del perfil en el que esta hecho al nivel de Metamodelo para su posterior almacenamiento en la base de datos, no sin antes, verificar la estructura del archivo XMI. El módulo *Instanciador del Proceso* es el encargado de realizar la lógica de negocio de la aplicación.

En la sección de Administración, se encuentran los módulos *Administrador* y *Base de Datos del Proceso*; El Administrador es el encargado de gestionar los modelos de procesos enviados por el *Instanciador del Proceso* para que sean almacenados en la base de datos y además, debe administrar todos los activos de proceso (Plantillas, Guías, Documentos de Referencia, Tutoriales, Manuales, etc) que una organización posee para poblar y documentar sus modelos de procesos y que serán asociados a éstos para su oportuna documentación. El módulo *Base de datos del proceso* es donde la información del proceso y sus activos asociados será almacenada para su posterior utilización visualización vía Web.

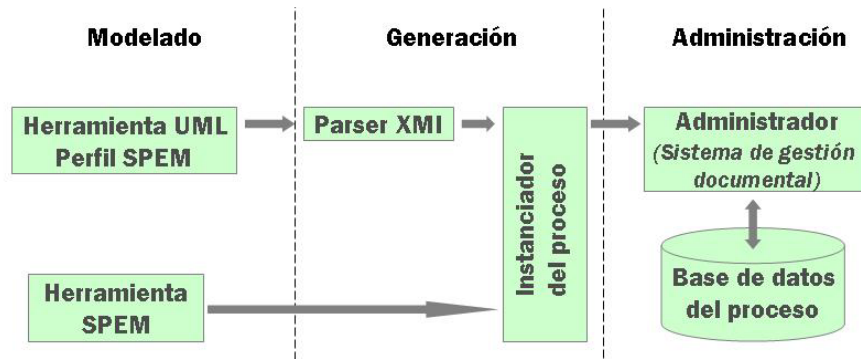


Figura 4. Componentes iniciales, Framework - PDS

Identificación de Drivers Arquitecturales

Requerimientos de alto nivel:

1. Adaptar una herramienta UML para modelar procesos
2. Permitir la instanciar el proceso mediante SPEM
3. Permitir convertir un proceso del perfil SPEM a SPEM puro
4. Tener la capacidad de poblar el proceso con activos

Drivers de Negocio:

5. Documentación basada en RUP
6. Flexible
7. Alta reusabilidad

Restricciones

8. Utilización de toda la estructura de Eclipse
9. Adaptar el perfil SPEM a la herramienta

Atributos de Calidad

10. Usabilidad
11. Alta modificabilidad
12. Portabilidad
13. Interoperabilidad a nivel de modelo
14. Alta disponibilidad para el Usuario / Stakeholder
15. Seguridad (Security, safety)

Aplicación del ADD

Este método se inicia con la selección de un patrón arquitectural, para nuestro caso, el patrón seleccionado es el multinivel, dado que éste, separa los componentes que conforman el sistema, facilitando portabilidad, escalabilidad y consistencia de la información; drivers arquitecturales definidos en el QAW. En la **Figura 5**, se ilustra el diagrama de paquetes de los componentes iniciales del Framework-PDS:

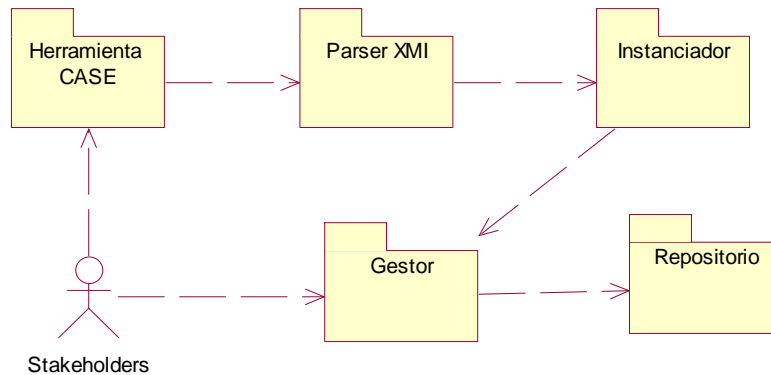


Figura 5. Diagrama de componentes Framework – PDS

En el diseño de sistemas informáticos actuales, se suele usar las arquitecturas multinivel o Programación por capas. En dichas arquitecturas, a cada nivel se le confía una misión simple, lo que le permite el diseño de arquitecturas escalables.

El diseño más usado actualmente es el diseño en tres niveles (o en tres capas). Las capas o niveles son:

Capa de Presentación: presenta y captura la información al usuario, dando un mínimo de proceso (realiza un filtrado previo para comprobar que no hay errores de formato). Dentro de esta capa, se ubica la Herramienta CASE y el Gestor, que son los dos componentes que tienen interacción con el usuario.

Capa de Negocio: es donde residen los programas que se ejecutan, recibiendo las peticiones del usuario y enviando las respuestas tras el proceso. Se denomina Capa de Negocio porque es aquí donde se establecen todas las reglas que deben cumplirse. Esta capa se comunica con la Capa de Presentación para recibir las solicitudes y presentar los resultados. También se comunica con la Capa de Datos, para solicitar al gestor de bases de datos el almacenamiento o recuperación de la información. A ésta capa pertenecen el Parser XML y el Instanciador, los cuales contienen la lógica del negocio del Framework-PDS.

Capa de Datos: es donde residen los datos. Está formada por uno o más gestores de bases de datos, los cuales reciben solicitudes de almacenamiento o recuperación de la información desde la capa de negocio. Para el Framework-PDS, esta capa la realizará el Repositorio.

En los componentes definidos anteriormente, se debe enfatizar en algunas arquitecturas internas, esto es, definir las arquitecturas de los módulos que se han determinado como los principales. El módulo Parser XML es uno de ellos, dado que éste tipo de aplicaciones poseen una estructura especial.

Componentes Parser XML: en los componentes establecidos para el Parser XML (ver **Figura 6**), se encuentra una Interfaz de Entrada, la cual facilitará el acceso al archivo XML que genera la Herramienta de Modelado. El Analizador Léxico será el encargado de comprobar que el archivo XML sea correcto, esto es, que no tenga errores de formación. Después de verificada la estructura del archivo, el Analizador Semántico será el encargado de su interpretación y con la ayuda del Parseador a Lenguaje SQL, el contenido del archivo XML será transformado a un script SQL por medio de objetos y librerías J2EE. Si en el Analizador Léxico o en el Analizador Semántico se encuentra algún error, éste es reportado al Gestor de Errores, que se encargará de informarlo al módulo que comunicará el error al Usuario. El módulo Interfaz de Salida, facilitará la comunicación entre el Parser XML con el resto de componentes del Framework-PDS.

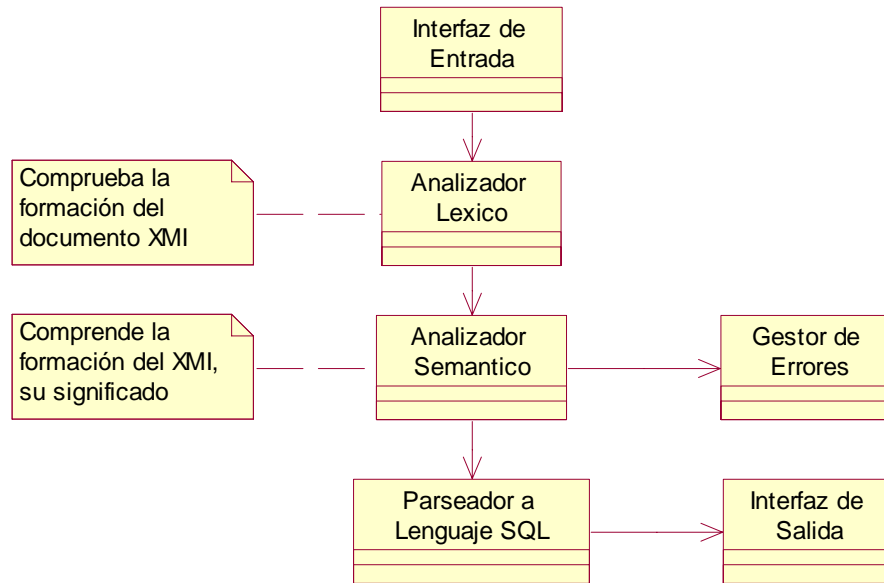


Figura 6. Diagrama de componentes – Parser XMI

6. CONCLUSIONES

- a. Framework-PDS además de ser una herramienta diseñada para definir, visualizar, documentar, organizar y mejorar los procesos de desarrollo de software de una organización, ofrece una base de conocimiento centrada en las tecnologías de procesos de software, con el fin de aportar al mejoramiento de la calidad y productividad de la ingeniería del software en el País.
- b. El modelo integral para la mejora de procesos de desarrollo de software Agile SPI, es un modelo fácil de implementar en organizaciones pequeñas en número de personas, lo cual es motivo para que las empresas de nuestro País le dediquen más tiempo y recursos a sus procesos, para así mejorar la calidad de sus productos. Framework-PDS proporciona la facilidad de documentar e instanciar los procesos de una organización, actividad inicial para iniciar un proceso de mejora de los mismos.
- c. Con la utilización de XMI, se consigue que los modelos de los procesos estén en un formato portable y de fácil manipulación, permitiendo su posterior utilización en las estructuras internas del Framework-PDS.

REFERENCIAS

45. Fuggeta, A. Software Process: A Roadmap. International Conference on Software Engineering. Proceeding of the Conference on The Future of Software Engineering. ACM Limerick, Ireland. 2000.
46. García, F. Gestión Integrada de modelado y de la medición del proceso software. Tesis Doctoral. Grupo Alarcos. Escuela Superior de Informática. Universidad de Castilla - La Mancha. 2002.
47. Hurtado, J. Bastarrica, C. Trabajo de Investigación "Hacia una Línea de Procesos Ágiles Agile SPsL" Versión 1.0. Departamento de Sistemas - Universidad del Cauca. Departamento de Ciencias de la Computación - Universidad de Chile (Mayo 2005). pp 123-139
48. Jacobson, I. Booch, G. y Rumbaugh, J. El proceso unificado de desarrollo de software. 2000. pp 115-121.
49. Nord, R. Wood, W. Clements, P. Integrating the Quality Attribute Workshop (QAW) and the Attribute-Driven Design (ADD) Method. Technical Note SEI. (July 2004). pp 3-10.
50. Object Management Group. OMG Unified Modeling Language Specification. An Adopted Specification of the Object Management Group, Inc; Version 1.5 formal/03-03-01. (March 2003).
51. Object Management Group. Software Process Engineering Specification. An Adopted Specification of the Object Management Group, Inc; Version 1.0 formal/02-11-14. (Noviembre 2002).
52. Oktaba, H. *et al.* Modelo de Procesos para la Industria de Software MoProSoft. Versión 1.3. Secretaría de Economía. México (Agosto 2005).
53. Pikatza, J. *et al.* Modelo jerárquico de roles para organizaciones de pequeño tamaño. Electronic Edition (CEUR Workshop Proceedings)

Una recomendación para la implantación de SOA (Service Oriented Architecture) en un contexto de Negocio Bajo Demanda

Miguel Ángel Sánchez Vidales

Universidad Pontificia de Salamanca, Facultad
de Informática,
Salamanca, España, 37002
masanchezvi@upsa.es

Luís Joyanes Aguilar

Universidad Pontificia de Salamanca (campus
de Madrid), Facultad de Informática,
Madrid, España, 28040
luis.joyanes@upsam.net

Ana Feroso García

Universidad Pontificia de Salamanca, Escuela Universitaria de Informática,
Salamanca, España, 37002
afermosoga@upsa.es

RESUMEN

El enfoque de Negocio Bajo Demanda pone de manifiesto que para conectar el mundo del negocio con el tecnológico es necesario realizar importantes transformaciones tanto en el entorno empresarial como en el área de tecnología. Esos cambios deben propiciar un acercamiento y una mejor relación entre ambos mundos ya que, en la práctica, la tecnología influye decisivamente en el negocio y el negocio condiciona la tecnología que debe utilizarse. Por otro lado, la flexibilización del negocio es un objetivo empresarial cada vez más importante y el uso de una arquitectura orientada a servicios, SOA, ayudará a conseguirlo.

En este artículo presentamos una recomendación, apoyada en diversas propuestas de IBM, para poder alcanzar el objetivo de la integración negocio-tecnología mediante la implantación de SOA en un contexto empresarial de Negocio Bajo Demanda.

Palabras claves: SOA, Negocio Bajo Demanda, Servicios software.

ABSTRACT

On Demand Business approach shows that to connect business world with technology domain is necessary to apply important transformations in enterprise and technology areas. Those changes must cause an approach and one better relation between both worlds. Technology influences in business and business influences in technology that must be used. In addition business flexibility is an important enterprise objective and the use of Service Oriented Architecture, SOA, will help to reach it.

In this article we present a recommendation, supported in diverse IBM papers and works, to be able to reach the objective of business-technology integration by the SOA adoption in On Demand Business context.

Keywords: SOA, On Demand Business, Software services.

INTRODUCTION

Actualmente la mayoría de empresas y organizaciones poseen aplicaciones corporativas que han sido compradas, encargadas o hechas a medida para satisfacer determinadas partes de su negocio. Por ejemplo, aplicaciones de contabilidad, facturación, ventas, producción, almacén, logística, etc. Tal y como se describe en [1] esta situación genera importantes problemas:

- g. **Funcionalidades y datos corporativos empaquetados.** Cada una de las aplicaciones realiza un conjunto de funciones del negocio y manipula un subconjunto de datos. Pero no existe una visión global del negocio ni de la empresa. Además resulta muy difícil compartir esas funciones y datos con el resto de aplicaciones corporativas.
- h. **Diversidad tecnológica.** Cada aplicación y conjunto de datos puede descansar en diferentes arquitecturas tecnológicas de hardware y software. Por ejemplo, la contabilidad soportada por un sistema antiguo basado en Unix, COBOL y DB/2, la facturación sobre Windows y SAP, las ventas realizadas mediante aplicaciones Web basadas en Linux, Java y bases de datos Oracle, etc.
- i. **Dificultad de integración.** Debido a ese carácter cerrado de las aplicaciones y a la diversidad tecnológica, en la práctica es muy difícil combinar funcionalidades entre aplicaciones y compartir los datos de una misma empresa.
- j. **Complejidad técnica.** Los departamentos de informática se ven desbordados ante el esfuerzo y las dificultades asociados a la modificación, adaptación o integración de estos sistemas empaquetados y basados en tecnologías muchas veces incompatibles.
- k. **Tiempo y esfuerzo necesarios.** Para poder integrar funcionalidades y compartir datos se deben desarrollar soluciones basadas en capas de software intermedias, que son muy costosas, requieren mucho tiempo y suelen generar problemas de fiabilidad y de rendimiento.
- l. **Dificultad para adaptarse a los cambios.** La complejidad mencionada hace muy difícil la asignación de las funciones software a las necesidades reales del negocio. Además, los numerosos cambios en la demanda hacen muy difícil mantener cualquier solución que pueda implantarse.

¿Cómo es posible hacer frente a estos importantes problemas? La solución no pasa por la adopción de una solución tecnológica concreta. Como veremos en los próximos apartados, será necesario cambiar la organización de la empresa para adoptar un nivel elevado de integración de sus procesos y utilizar un conjunto de estándares, herramientas y tecnologías que puedan soportar el nivel de integración elegido por la empresa.

1. EL NEGOCIO BAJO DEMANDA. EMPRESAS *ON DEMAND*

Según IBM el enfoque denominado *On Demand Business*⁸⁰, que hemos traducido como Negocio Bajo Demanda, representa una nueva forma de gestionar las empresas. Citando a Sam Palmisano, presidente de esta compañía, *On Demand Business* puede definirse como [2]:

Una empresa cuyos procesos de negocio están integrados de principio a fin —a lo largo de la compañía con colaboradores, proveedores y clientes— y es capaz de responder, de forma flexible y rápida, a cualquier cambio en la demanda de los clientes, nuevas oportunidades en el mercado o cualquier amenaza.

Independientemente de los objetivos comerciales de este enfoque, consideramos interesantes los dos puntos clave de esta idea:

- i. **La empresa debe cambiar su forma de hacer negocio.** Es necesario adaptar la organización a modelos de negocio flexibles, de manera que la tecnología pueda integrarse fácilmente con los procesos del negocio. Eso puede suponer un cambio profundo en la forma de trabajar, en la infraestructura tecnológica de la empresa, en sus

⁸⁰ <http://www.ibm.com/ondemand>

relaciones con socios y proveedores e incluso en su mentalidad. Por lo tanto, la tecnología se considera importante pero no servirá de nada si la empresa no está preparada para integrarla como parte básica de su negocio.

- ii. **El éxito reside en la integración.** Todos los procesos importantes del negocio deben estar relacionados entre si e integrados con los sistemas informáticos de forma que sean fácilmente accesibles para todos los empleados. Sólo de esa forma la información podrá compartirse de manera fácil y rápida entre los departamentos, proveedores y trabajadores implicados.

El enfoque de Negocio Bajo Demanda pone de manifiesto que para conectar el mundo del negocio con el tecnológico es necesario realizar importantes transformaciones tanto en el entorno empresarial como en el área de tecnología. Esos cambios deben propiciar un acercamiento y una mejor relación entre ambos mundos ya que, en la práctica, la tecnología influye decisivamente en el negocio y el negocio condiciona la tecnología que debe utilizarse.

2. SOA. UNA ARQUITECTURA ORIENTADA A SERVICIOS

La flexibilización del negocio es un objetivo empresarial cada vez más importante y el uso de una arquitectura orientada a servicios ayudará a conseguirlo. Actualmente existen diferentes interpretaciones y definiciones de SOA. Nosotros consideramos adecuada la visión de IBM⁸¹, según la cual SOA puede definirse y entenderse de diferentes formas dependiendo la perspectiva desde la que se utilice:

- m. **SOA desde una perspectiva del negocio.** Representa una forma de organizar un conjunto de servicios del negocio que una empresa puede poner a disposición de sus departamentos, clientes, proveedores y colaboradores. Por ejemplo, para una compañía de venta de productos resultaría muy interesante poder aportar un “Servicio de información de pedidos” de forma que pueda ser utilizado en su página Web para que los clientes sepan en qué estado están sus peticiones, para que los departamentos internos de la empresa puedan consultar y modificar datos sobre el contenido de los pedidos o para compartir determinada información con ciertos proveedores para, por ejemplo, el envío del material al cliente. Además, en el entorno del negocio es fácil comprender que este servicio estará relacionado con otros como el “Servicio de Pagos”, el “Servicio de actualización del stock”, etc.

De esta forma los responsables de la empresa se encuentran hablando en un lenguaje que entienden, basado en el uso de pequeños servicios del negocio y no basado en uso de grandes aplicaciones informáticas. Para los empresarios SOA no es un estándar tecnológico. Supone una forma de organizar, interconectar y gestionar los servicios del negocio. Y eso les permitirá ser más competitivos puesto que podrán simplificar y flexibilizar los procesos del negocio de forma que puedan reaccionar con rapidez ante los cambios de la demanda.

Por todo lo que acabamos de mencionar, SOA representa la base para poder crear un verdadero contexto de Negocio Bajo Demanda.

- n. **SOA desde la perspectiva de la ingeniería de software.** Representa un estilo arquitectónico basado en el uso de servicios de software que es adecuado para el diseño, implementación y ejecución de sistemas informáticos distribuidos.

De esta forma las aplicaciones se pueden construir a base de servicios reutilizables, otorgando mayor importancia al enlace entre servicios que a su implementación. De hecho al utilizar servicios estas funciones pueden ser creadas y ejecutadas utilizando tecnologías diversas, siendo siempre estándar la parte de su interfaz, que es la que posibilita el enlace con otros servicios.

- o. **SOA desde la perspectiva de la implementación.** Representa un modelo de programación completo que se apoya en el uso de un conjunto de estándares, herramientas y tecnologías como, por ejemplo, servicios Web. En este sentido y para un mayor nivel de detalle técnico sobre SOA puede consultar las referencias [3] y [4].

⁸¹ Recomendamos consultar la página Web de IBM de introducción a SOA y los servicios Web:
<http://www.ibm.com/developerworks/webservices/newto/>

SOA facilita el enlace entre el dominio empresarial, que contiene la definición de los procesos del negocio y el dominio de TI, que contiene las tecnologías que implementan esos procesos del negocio. Precisamente el uso de servicios de software es el que facilita la conexión entre ambos mundos a través de una interfaz común, independientemente de la localización, configuración o tecnologías empleadas.

Debido a la facilidad con la que ahora podemos alinear servicios del negocio a servicios software, SOA representa una arquitectura muy adecuada para la gestión y ejecución de los procesos del negocio. En este sentido, David Sprott expone en [5] las ventajas de utilizar esta arquitectura para flexibilizar el negocio. Sin embargo, también nos advierte sobre los peligros de considerar la implantación de SOA desde un punto de vista meramente tecnológico.

Desde el punto de vista del modelado y el desarrollo de software SOA supone un cambio muy importante ya que permitirá construir programas desde una perspectiva que dependerá muy poco de las tecnologías. Ya no es necesario diseñar aplicaciones pensando en la existencia de determinados niveles y plataformas tecnológicas, que siempre acaban cambiando con el paso del tiempo. Podemos centrarnos en definir la funcionalidad de cada servicio desde un punto de vista del negocio y su asociación al software, sin importar la tecnología que luego utilizaremos para su implementación y ejecución. Por todo lo anteriormente citado, consideramos que SOA representa la forma más adecuada para conectar el dominio del negocio con el tecnológico.

Para que las empresas puedan emplear SOA de forma adecuada, es decir, no sólo aprovechando sus características tecnológicas sino también aplicando consideraciones sobre el negocio, debe realizarse un proceso de implantación muy estudiado y ajustado a las necesidades de cada empresa. Debido a su importancia, en el próximo apartado abordamos cómo realizar este proceso y los inconvenientes que presenta.

3. ETAPAS PARA LA IMPLANTACIÓN DE SOA EN LA EMPRESA

SOA representa una oportunidad para mejorar el negocio. Pero para aprovechar todo el potencial de esta arquitectura y los servicios de software las empresas deben transformar tanto su infraestructura tecnológica como su forma de hacer negocio. En el plano tecnológico se deben sustituir las aplicaciones por servicios de software. En el área del negocio se deben definir y organizar los procesos empresariales en forma de servicios que sean relativamente independientes y fácilmente asociables a los servicios de software.

Dado que se requieren importantes cambios en el negocio y en la tecnología, es necesario estudiar cuál es la mejor forma de transitar a un escenario SOA. En este sentido la propuesta de IBM, descrita en profundidad en [6], nos ha parecido muy adecuada. Se apoya en la definición de varias fases o etapas sobre las que las empresas pueden ir evolucionando de forma progresiva a lo largo del tiempo.

A continuación se describen 4 etapas que representan diferentes ámbitos en los que es posible ejecutar proyectos basados en SOA. Cada una de ellas debe interpretarse como un estado diferente en la adopción de una arquitectura orientada a servicios alineada con las prioridades del negocio. Concretamente:

1. **Implementación de servicios con tecnología SOA.** Este será el punto por el que deberán comenzar la mayor parte de las empresas. Se centra en el desarrollo de servicios de software para su posterior ejecución en una arquitectura SOA, por lo que se trabaja a un nivel muy técnico sin prácticamente tener en cuenta consideraciones sobre el negocio.

En esta fase se obtendrá un conjunto de servicios que facilitarán la integración de las funcionalidades empaquetadas con anterioridad en grandes aplicaciones. Pero también existe otra ventaja muy importante. Los desarrolladores y expertos en tecnología comenzarán a conocer la forma de trabajar con servicios y su organización en un entorno SOA.

2. **Realizar un proyecto piloto.** Esta fase es considerada crítica ya que permitirá obtener conclusiones válidas sobre la utilidad de la implantación de SOA en un contexto empresarial y tecnológico determinado. Por este motivo, IBM recomienda elegir un proyecto que tenga las siguientes características:

- Debe ser sencillo y abordar alguna necesidad del negocio que no sea crítica.
- Tiene que resultar útil para la empresa, es decir, debe alcanzar algún objetivo de valor para el negocio.
- Debe considerar aspectos de gestión y de gobierno. Por ejemplo, deben definirse algunas políticas de uso restringidas a determinados usuarios, accesos selectivos a datos, etc.

- Debe afrontar la resolución de algún problema conocido. Por ejemplo, falta de integración entre determinados procesos.
- Debería poder pasar a producción si los resultados finales obtenidos son positivos.
- Debería poder ser analizado desde un punto de vista económico, por ejemplo mediante el cálculo del Punto de Recuperación de la Inversión ó ROI (*Return On Investment*).

El proyecto piloto debe servir para que los participantes del negocio y del departamento de tecnología asimilen qué es SOA y comprendan los importantes cambios que conlleva. Las conclusiones obtenidas tras analizar las dificultades, los beneficios y los inconvenientes de este proyecto deberían ser suficientes para decidir si avanzar a un nivel superior o utilizar SOA como estándar meramente tecnológico para la integración de funcionalidades de software.

Debido a lo difícil que puede resultar encontrar un proyecto piloto que cumpla todas las características expuestas y ante las dudas que podrían surgir tras analizar las conclusiones, la empresa puede apostar por realizar un segundo proyecto piloto que ayude a despejar los interrogantes que han surgido tras la ejecución del primero. Esta estrategia incrementará el tiempo necesario para la implantación de SOA pero puede ser muy adecuada para eliminar dudas y mejorar el aprendizaje.

3. **Integración de funciones de la empresa.** Si han primado los beneficios del proyecto piloto, en esta fase la empresa tendrá como objetivo utilizar SOA como arquitectura para la integración progresiva de las funciones o servicios de su negocio. En esta etapa es necesario alcanzar los siguientes objetivos:

- Identificar los servicios del negocio y las tareas redundantes. Para ello se debe mejorar la colaboración entre los departamentos internos de la empresa. No puede existir una visión centrada en aplicaciones departamentales; aplicación de compras, aplicación de contabilidad, aplicación de almacén, etc. Lo más importante es la definición de un marco de integración en el que puedan posteriormente ser ejecutados los servicios del negocio.
- Definir una política de gobierno de los servicios, que deberá incluir: un catálogo de servicios con una descripción sobre cómo deben ser gestionados, las pautas para un correcto tratamiento de la información y una primera definición de las normas de autoridad. Todas estas consideraciones de gobierno son de especial importancia ya que sin ellas será imposible controlar la forma en la que se emplean los servicios: quiénes están autorizados a utilizar qué servicios, qué información está disponible para cada servicio, etc.

4. **Transformación del negocio y de la infraestructura tecnológica.** Si se ha alcanzado esta fase será porque la empresa está en disposición de adoptar un nuevo escenario basado en el uso de servicios. Esta transformación afecta tanto al negocio como al área de tecnología de la empresa y, como ya se ha señalado en varias ocasiones, debe hacerse de forma coordinada. Los objetivos que deben perseguirse en este caso son los siguientes:

- Obtener una descomposición de las funcionalidades más importantes de la empresa en servicios del negocio. Una vez hecho esto será posible realizar una correcta definición de los procesos del negocio.
- Modelar los servicios y los procesos del negocio que hayan sido identificados. Esto facilitará la comprensión, el análisis e incluso la simulación de los procesos de la empresa. El modelado nos permitirá verificar que los diseños cumplen las expectativas empresariales y facilita la comprensión de los procesos, de los objetivos y los resultados de la empresa.
- Definir una arquitectura estable que soporte la ejecución de los procesos definidos y modelados con anterioridad. Dicha arquitectura permitirá la integración de los distintos elementos que intervienen en un proceso, independientemente de su ubicación o características tecnológicas.

Las empresas deben evolucionar de manera progresiva hacia la última fase para poder trabajar en un verdadero contexto de Negocio Bajo Demanda. Debido a la dificultad para alcanzar este objetivo, en el próximo apartado presentamos nuestra recomendación para conseguir que esta implantación tenga el éxito esperado.

4. RECOMENDACIÓN PARA LA IMPLANTACIÓN DE SOA EN LA EMPRESA

Desde un punto de vista pragmático debemos tener en cuenta que las empresas tienen características muy diversas. Por este motivo la implantación de SOA puede tener importantes diferencias dependiendo de la empresa en la que se realice. De hecho, reconociendo lo distinto que puede ser cada caso, IBM propone utilizar la denominada Herramienta Rápida de Evaluación de SOA⁸² para que cada organización conozca mejor el nivel en el que se encuentra y así poder afrontar los cambios necesarios para alcanzar la implantación de SOA. Teniendo en cuenta las diferencias entre empresas y tal como recomienda IBM en [6], el proceso de implantación de SOA debería ser en todos los casos muy similar y tener un marcado carácter iterativo e incremental. Según esta propuesta, dicho proceso debe realizarse mediante la ejecución de una serie de pasos que pueden ser repetidos tantas ocasiones como sea necesario hasta alcanzar el escenario deseado. De este modo, el proceso puede servir para todo tipo de empresas; en unas será necesario repetir estos pasos en más ocasiones y en otras menos. De forma resumida a continuación describimos los pasos del proceso de implantación de SOA:

- (1) **Determinar el nivel de adopción de SOA y definir los objetivos que se desean alcanzar en esta iteración.** En primer lugar la empresa debe identificar cuál es su grado de cumplimiento de SOA, es decir, debe comprobar en qué etapa se encuentra. Posteriormente la empresa deberá determinar cuáles son los retos y objetivos que se desean afrontar en esta iteración, es decir, se debe decidir hasta dónde se desea llegar. Obviamente los objetivos dependerán del nivel en el que nos encontremos. Por ejemplo, si estamos en una fase inicial el objetivo estará relacionado con la adecuación de la infraestructura necesaria para poder soportar SOA y la creación de servicios de software. Por otro lado, si estuviésemos planteando realizar un proyecto piloto, nuestro objetivo sería crear un entorno tecnológico y de negocio que permitiese su realización.
- (2) **Evaluar la capacidad de la empresa para adaptarse a SOA.** Una vez identificado en el nivel de adopción de SOA, la empresa debe valorar cuál es su grado de preparación tanto a nivel tecnológico como del negocio. El resultado de esta evaluación ha sido denominado en la Herramienta Rápida de Evaluación de SOA como el grado de madurez ante SOA. Según la propuesta de IBM, esta estimación puede hacerse teniendo en cuenta distintos ítems catalogados en cuatro dimensiones: arquitectura de servicios, proceso, infraestructura y aplicación. Esta propuesta para hacer la evaluación es perfectamente válida, aunque cada empresa puede utilizar el método que considere oportuno. Independientemente del método utilizado para la evaluación, después de esta valoración la empresa conseguirá identificar en qué punto del camino hacia SOA se encuentra y cuáles son los aspectos que debería mejorar.
- (3) **Determinar el grado de adaptación deseado en esta iteración.** La evaluación realizada en el punto anterior debe proporcionar indicadores sobre cuáles son los aspectos que deben mejorar en la infraestructura tecnológica y en el negocio. Conocido en qué punto del camino hacia SOA está una empresa, ahora la cuestión es determinar hasta qué punto se considera necesario evolucionar dentro de la iteración actual. Después de este paso, la empresa sabrá dónde está y hasta dónde desea llegar en su implantación de SOA.
- (4) **Crear un plan de adaptación a SOA en esta iteración.** Para poder alcanzar los objetivos marcados en el paso anterior será necesario trazar planes concretos para cada uno de los ítems que deban evolucionar hacia un nivel superior.
- (5) **Ejecutar el plan de adaptación para esta iteración y evaluar los resultados.** Bien es sabido por todos que los planes son muy necesarios para guiar y coordinar el trabajo de numerosas personas. Sin embargo y dado que la implantación de SOA abarca multitud de aspectos del negocio y la tecnología, debemos ser muy cuidadosos en la supervisión de las tareas a realizar y en la revisión continuada de los planes.

Nosotros consideramos que serán habituales determinadas desviaciones y cambios con respecto a los planes previstos. La causa de estas variaciones será debida a la falta de experiencia, al cambio de cultura que inevitablemente supone evolucionar a SOA y a la necesidad de interconectar dos áreas habitualmente separadas, la del negocio y la tecnología.

Los resultados, por lo tanto, deberán ser evaluados con detenimiento después de haber ejecutado, supervisado y revisado las tareas de los mencionados planes de adaptación a SOA. Sólo desde una valoración realista, nunca

⁸² Para poder ejecutar esta herramienta es necesario identificarse como usuario IBM autorizado. La dirección URL en la que se encuentra disponible es: www.ibm.com/software/info/soa/assessment

optimista, que detecte los problemas y trabaje para resolverlos, podrá continuarse hacia una nueva iteración, es decir, hacia un nuevo paso en la implantación de SOA.

Precisamente la dificultad de evolucionar y hacerlo de forma coordinada entre los responsables de la empresa y los gestores de tecnología, hace que nos cuestionemos la viabilidad real de los procesos de implantación de SOA. Por dicho motivo, en el siguiente apartado hacemos una reflexión sobre los puntos que consideramos más importantes para conseguir una exitosa implantación.

5. CONCLUSIONES. PUNTOS CRÍTICOS PARA LA IMPLANTACIÓN DE SOA EN UN CONTEXTO DE NEGOCIO BAJO DEMANDA

Si bien es cierto que adoptar una arquitectura SOA aporta muchas ventajas, también es cierto que la transformación que debe realizarse es muy difícil y delicada. A modo de conclusión, nosotros consideramos que existen determinados puntos críticos para poder adoptar una arquitectura SOA de forma exitosa. Son los siguientes:

- I. **Colaboración Negocio-Tecnología.** Debe existir una fluida comunicación entre gestores del negocio y gestores de tecnología. En las organizaciones en las que no exista una cultura de colaboración entre estos perfiles, resultará muy difícil implantar SOA. En estos casos puede llegar a interpretarse que su implantación debe ser llevada a cabo desde una perspectiva tecnológica. Este tipo de implantaciones sólo permitirán alcanzar la etapa 1 (ver apartado 3), en el que SOA sólo servirá como una solución meramente tecnológica que sirve para mejorar la integración entre aplicaciones pero no para aportar un gran valor al negocio.
- II. **Cambio de mentalidad.** Actualmente en las empresas suele existir un hueco muy importante entre el dominio del negocio y el tecnológico. No sólo a nivel de entendimiento, también a nivel de mentalidad. Esto representa un gran problema puesto que, en nuestra opinión, es muy difícil cambiar la mentalidad del conjunto de personas implicadas. SOA exige a los desarrolladores un cambio en su forma de pensar que se acerca a la forma de pensar de los responsables del negocio. Al mismo tiempo, los responsables de las empresas deberán aceptar un escenario en el que la tecnología y el desarrollo de software son una parte estratégica, necesaria para poder realizar los procesos más importantes del negocio.
- III. **Implantación progresiva y a largo plazo.** Tras analizar el proceso de implantación de SOA que se ha propuesto, entendemos que es muy necesario definir un plan realista, basado en la ejecución de pasos seguros, sin riesgos, que permitan alcanzar objetivos empresariales. Poco a poco este proceso permitirá que, al mismo tiempo que se transforma el negocio y la infraestructura tecnológica, las personas implicadas vayan conociendo lo que representa SOA, de forma que sea más sencillo alcanzar el cambio de mentalidad al que hemos hecho referencia en el punto anterior.

Entendemos que sólo si tenemos en cuenta estos factores y conseguimos superar los inconvenientes que se han planteado, podremos considerar la realización de un proceso que permita la obtención de software a partir de los objetivos del negocio. En este escenario el uso de SOA resulta fundamental.

REFERENCIAS

1. Etxebarria, B. Construir arquitecturas en tiempo real. *Data.ti*. No. 226, (Noviembre, 2005).
2. Jolla, S. et al. *The Solution Designer's Guide to IBM On Demand Business Solutions*. Third edition. IBM. 2005. <http://www.redbooks.ibm.com/redpieces/pdfs/sg246248.pdf>
3. Newcomer, E. and Lomow, G. *Understanding SOA with Web Services*. First edition. Addison-Wesley Professional, 2004. <http://www.redbooks.ibm.com/redbooks/pdfs/sg246346.pdf>
4. Endrei, M. et al. *Patterns: Service-Oriented Architecture and Web Services*. First edition. IBM Redbooks. 2004. <http://www.redbooks.ibm.com/redbooks/pdfs/sg246303.pdf>
5. Sprott, D. The Business Case for Service Oriented Architecture. An Introduction to SOA for Business Managers. *CBDI Journal*. (Noviembre, 2004). http://www-306.ibm.com/software/solutions/webservices/pdf/cbdi_report_soa.pdf

6. IBM. *Laying the Foundation For a Service Oriented Architecture*. Technical Briefing, (Marzo, 2006).
<http://www-128.ibm.com/developerworks/offers/techbriefings/details/soa.html>

RESPONSABILIDAD SOCIAL CORPORATIVA

La RSC como estrategia de negocio en las empresas tecnológicas

Raúl Ramírez R. Luis Joyanes A.

Universidad Pontificia de Salamanca en Madrid

Facultad de Informática

Madrid, España. 28040

ABSTRACT

This paper sample the importance that begin to have the Corporative Social Responsibility (CSR) in the technological companies, as well as the benefits to include it in the business strategies. As beginning the quality concept getting up itself in the great companies, thus is as the CSR is begun to implement in elite enterprise. Single some of the great technological companies have incorporated the CSR in their business strategies, however, little by little are consolidated within the digital economy due to the advantages and benefits that represent, combined to the pressures that demand the stakeholders. The CSR also visualizes like a reputation symbol before their stakeholders, shareholders and consumers. On the other hand, Internet appears like a tool to as much impel the CSR for the technological companies as for the civil societies, that use it like a information instrument that benefits or harms to the technological companies.

Keywords: CSR, technological companies, internet, society, business strategy.

RESUMEN

Este artículo muestra la importancia que comienza a tener la Responsabilidad Social Corporativa (RSC) en las empresas tecnológicas, así como los beneficios de incluirla en las estrategias del negocio. Tal como inicio el concepto de calidad incorporándose en las grandes empresas, así es como la RSC se comienza a implementar en la élite empresarial. Solo algunas de las grandes empresas tecnológicas han incorporado la RSC en sus estrategias de negocio, no obstante, poco a poco va consolidándose dentro de la economía digital debido a las ventajas y beneficios que representa, aunado a las presiones que exigen los grupos de interés. La RSC también se visualiza como un distintivo de reputación ante sus principales grupos de interés, accionistas y consumidores. Por otro lado, internet se presenta como una herramienta para

impulsar la RSC tanto para las empresas tecnológicas como para las sociedades civiles, quienes lo utilizan como un instrumento facilitador de información que beneficia o perjudica a las empresas tecnológicas.

PALABRAS CLAVE: RSC, empresas tecnológicas, internet, sociedad, estrategia de negocio.

1. INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la administración y de los negocios, la historia nos muestra que la incorporación de nuevos conceptos en las estrategias del negocio, han comenzado en ideas que iniciaron implementándose en las grandes empresas y que a lo largo de los años se han consolidado a tal grado, que actualmente son conceptos básicos usados en todas las empresas del mundo. Un ejemplo de lo anterior es el concepto calidad, que hoy en día es usado en todas las organizaciones, independientemente de su giro comercial y utilizado como un distintivo dentro del mundo de los negocios.

Lo que inició como un concepto, se adentro en la filosofía de las grandes empresas quienes la adoptaron e implementaron, con el objetivo de ser mas productivas y aprovechar los beneficios que les brindaba el nuevo paradigma, permitiéndoles a las empresas evolucionar dentro de un mundo globalizado, donde las empresas que se mantienen, son las que son mas eficientes y quienes apuestan por la adquisición de nuevos conceptos cuyo objetivo es la sostenibilidad de las empresas.

Ahora la Responsabilidad Social Corporativa (RSC) esta pasando por el mismo proceso de incorporación en las estrategias de negocio de la empresas, la cuales, poco a poco van incorporando a sus actividades conceptos como reputación corporativa, buenas practicas, responsabilidad empresaria, buen gobierno, términos que están íntimamente relacionados con la RSC.

Las empresas de tecnología en general (hardware, software, telecomunicaciones) se encuentran ante la posibilidad de aprovechar este fenómeno que representa la RSC, sin duda, quienes sean las primeras en ingresar conceptos de RSC en sus estrategias de negocio, gozaran de las ventajas competitivas que en su momento represento el concepto de calidad.

La incorporación de la RSC en las estrategias de negocio de las empresas tecnológicas representa un paso adelante de la filosofía de sostenibilidad que la economía actual exige, representa un distintivo de empresa responsable al incorporarse a lista de empresas transparenten que exigen las asociaciones civiles y genera valor a la empresa que implementan y difunden practicas socialmente responsables.

Un elemento clave en la difusión de la RSC tanto para las empresas como para la sociedad en general es internet, proporciona y difunde información a costes mínimos. Por otro lado, es una herramienta que en muy poco tiempo puede cambiar la percepción de la empresa para bien o para mal con sus grupos de interés.

2. POR QUE IMPLEMENTAR LA RSC EN LAS EMPRESAS TECNOLOGICAS

Así como en su momento la calidad se puso de moda en las grandes corporaciones, en poco tiempo este concepto se trasladó a las pequeñas y medianas empresas, se incorporó en las misiones de las compañías y se obtuvieron los beneficios que les otorgaba esta filosofía, además de obtener un estatus más elevado al momento de identificarse bajo el concepto de calidad.

Hoy en día, contar con el distintivo de calidad permite a las empresas dar una buena imagen ante sus grupos de interés por el simple hecho de diseñar, elaborar, producir o entregar productos o servicios bajo un estándar avalado a nivel mundial. La reputación obtenida por la certificación de calidad, permite a las empresas mostrar un nivel de competitividad dentro de su ambiente económico.

¿Por qué ahora las empresas necesitan de este distintivo para ser competitivas y reconocidas?, ¿Por qué fue necesario incluir la calidad en las estrategias de las empresas?, ¿Es rentable una empresa que no tenga incorporada la filosofía de calidad?

Las preguntas anteriores son respondidas con tan solo nombrar el fenómeno de la globalización; el mundo de los negocios gira alrededor de este fenómeno, por tanto es necesario adaptarse y evolucionar ante los múltiples factores que afectan a las empresas. La calidad, es un remedio que incorporado a las estrategias del negocio proporciona un herramienta que ayuda a las empresas para ser reconocidas, competitivas, rentables y sostenibles dentro de la globalización.

La Responsabilidad Social Corporativa, se presenta como un distintivo capaz de proveer confianza a los grupos de interés; y como generador de sostenibilidad que dentro de la economía global llegara a ser muy demandado. Inicialmente, la están adoptando las grandes empresas, comienza a consolidarse conforme pasa el tiempo en la élite empresarial, esta siendo incorporada en las estrategias del negocios aportando resultados favorables, proyecta una visión sostenible de la empresa y proporciona reputación corporativa a las empresas que la adoptan de manera voluntaria.

En la actualidad, la mayor parte de las empresas listadas en Fortune 500 describen en su página web sus logros en materia de RSC y casi la mitad de las incluidas en el Fortune 250 elaboran informes específicos sobre aspectos sociales y medioambientales de sus actividades[2].

La RSC es un incentivo de evolución y adaptación al fenómeno de la globalización que ya está siendo ejercido por las grandes empresas y que poco a poco, va trascendiendo en las empresas de menor tamaño sin importar su giro comercial. La RSC también se presenta como una magnífica oportunidad para ser aprovechada por el ámbito tecnológico, que se mueve en torno a la evolución e innovación. La RSC brinda a las empresas tecnológicas una alternativa de mejora y distinción dentro de su mercado.

Implementar la RSC en estrategias de negocios en las empresas tecnológicas, dará argumentos de confianza a sus principales grupos de interés; a los consumidores a quienes les deben sus ganancias y su razón de ser como empresa, y a sus accionistas, con quien tienen el compromiso de elevar sus beneficios. Por otro lado, los demás grupos de interés como son los proveedores, administración pública, inversionistas, medio ambiente, organizaciones civiles, entre otros, demandan una cultura empresarial acorde con las pautas de la actual economía que les exigen manifestar su responsabilidad social.

Algunos de los beneficios por implementar la RSC se manifiestan en la reputación que obtiene la empresa ante sus

grupos de interés[4]; además, se afirma que las compañías socialmente responsables ganan una ventaja competitiva mejorando su capacidad de trabajo al atraer a empleados de calidad[9], debido a que tienen la capacidad para atraer y conservar los recursos humanos más competentes[6]. Se ha generado una gran motivación por trabajar en empresas que son socialmente responsables y que cuentan con una reputación respetada por la sociedad.

Aparte de las ventajas de recurso humano, otras investigaciones [10], [7], manifiestan que existen ventajas en el incremento de las ventas, afirmando que los clientes suelen ser sensibles a los temas sociales. Cuando los consumidores tienen conocimiento del comercio justo o de las prácticas relativas a la Responsabilidad Social Corporativa de las empresas, son más conscientes en seleccionar aquellos productos o servicios que llevan implícitos beneficios sociales o medioambientales.

No todas las empresas del mundo de la tecnología se han incorporado a esta corriente de sostenibilidad, son muy pocas las que proporcionan información referente a los temas sociales y medioambientales con los que interactúan. Sin bien es cierto que la RSC va en aumento, todavía no podemos hablar de avances significativos en la calidad de la información comunicada.

Lejos de convertirse en una desventaja, es una oportunidad potencial para la empresa ante los inversores socialmente responsables, quienes cada vez más demandan información no solo financiera, sino también información sobre temas sociales y medioambientales. Quienes proporcionen esta información estarán adquiriendo un atractivo ante las inversiones socialmente responsables.

3. LA RSC EN LAS ESTRATEGIAS DEL NEGOCIO

¿Es viable la incorporación de la RSC en las estrategias de negocios? En las empresas tecnológicas, los productos ofertados a los consumidores no tienen diferencias substanciales entre el producto o servicio de una compañía y de otra. Las empresas tecnológicas compiten en innovación; por lo tanto, los consumidores a la hora de elegir un producto o servicio, se deciden por el que le tienen más afecto, simpatía o por el que consideran más interesante. El identificarse con una marca en particular o con una empresa, constituye un factor determinante en la elección de adquisición del servicio o del producto.

Tal como lo enfatizó David Campos, Director Legal y de RSC de Sun Microsystems, “La RSC se debe tomar como una estrategia de negocio que genera valor a la empresa”[3]. En este sentido, la RSC proporciona un punto a favor de las empresas que la practican ante los ojos de los consumidores; según algunos estudios, los consumidores prefieren elegir entre un producto socialmente responsable que uno que no lo es. Tomando como base que los productos tecnológicos actuales no tienen muchas diferencias significativas, los consumidores se inclinan por productos responsables, siempre y cuando estén informados de ello.

Es importante mencionar, que la percepción que tiene la sociedad sobre la reputación de la empresa, repercute de manera positiva o negativa en los intereses de la propia empresa. Por tanto, las empresas empiezan a gestionar su reputación y se interesan por saber que imagen proyectan y como esa imagen es percibida por los diferentes grupos de interés.

Por este motivo, la comunicación de la empresa con sus grupos de interés es fundamental. La publicidad de las empresas va encaminada en mostrar las acciones que en materia de RSC llevan a cabo, por tanto, no dudarán en invertir en imagen

y apariencia que les ayuden a consolidarse como empresa dentro de un mercado completamente competitivo, complejo y cambiante, en donde la distinción y la buena percepción de los principales grupos de interés les proporciona muy buenos beneficios. Hacia el interior de la organización, se han creado áreas específicas donde se gestiona la RSC e incluso, se ha dado apertura a la creación de nuevos departamentos de RSC.

Las empresas tecnológicas han sabido utilizar las ventajas que les proporciona internet para difundir sus actividades responsables. Ahora es posible conocer a través de las memorias de sostenibilidad las prácticas que realizan las empresas con sus grupos de interés; basta con entrar al sitio web de la compañía para obtener información acerca de las acciones que realizan sobre RSC.

Las memorias de sostenibilidad representan un moderno instrumento de gestión, se utiliza como herramienta para que la empresa pueda dirigir, medir y divulgar el ejercicio de la responsabilidad social; además de que representa una forma de evaluación para la empresa y para la sociedad civil. Es importante mencionar que la información que las empresas plasman en las memorias de sostenibilidad tiende a ser muy general, es decir, debido a las empresas tienen poca experiencia en la elaboración de las mismas tienden a omitir información detallada sobre aspectos muy particulares.

Debido a que internet es un medio de comunicación relativamente accesible y de muy bajo coste para fines publicitarios, es la herramienta por excelencia de difusión utilizado por las empresas. De hecho, uno de los principales impulsores de la RSC es internet, ya que ha sido el medio que más frecuentemente se ha utilizado para proveer información buena o mala de las empresas y que a un precio mínimo ha fomentado la conciencia de grandes masas que han juzgado las prácticas de negocio de las empresas.

Así como se afirma “En un mundo globalizado donde en cuestión de minutos las informaciones sobre las empresas circulan por los mercados internacionales, una conducta ética y transparente tiene que pasar a ser parte de la estrategia de cualquier organización”[8].

Por otro lado, así como internet es una herramienta de difusión para las empresas, también lo es para la sociedad, ya que es el principal medio por el cual se difunden las malas prácticas de RSC que realizan las empresas, y es un motor de movilización de masas que puede terminar con la reputación de una empresa en cuestión de minutos. “La arraigada e idílica convicción de que las nuevas tecnologías revitalizarán la vida social y política en las sociedades democráticas, dotando a los ciudadanos de recursos efectivos para o bien ejercer su propio autogobierno, o bien para intervenir con mayor intensidad e influencia en los asuntos públicos”[11].

No se debe descartar el papel proactivo que poco a poco asume la sociedad, por tanto, las empresas deben tener muy en cuenta la siguiente reflexión “están surgiendo nuevas formas de participación popular en los asuntos públicos desencadenadas por determinados usos de la tecnología que la población comienza a tener a su alcance”[1]. Las empresas tecnológicas deben tener en cuenta que se desenvuelven dentro de una sociedad con opinión pública, capaz de premiar o castigar a los productos, a las marcas y a las empresas en función de su comportamiento general.

Así como la tecnología facilita el conocimiento de las prácticas de responsabilidad social corporativa que las empresas llevan a cabo, así también, resulta de manera muy sencilla difundir las actividades poco éticas que realizan, convirtiéndose en escándalos mundiales que lo único que hacen es enfatizar la importancia de implementar la filosofía de RSC en las estrategias del negocio como medida preventiva ante posibles riesgos.

4. CONCLUSIONES

En el ámbito tecnológico, hay una tendencia a implementar estrategias que les permitan estar un paso al frente de sus competidores, debido a que el sector se mueve en una burbuja de evolución constante, la RSC es una oportunidad de distinción que pueden aprovechar llevándola a cabo adecuadamente.

Afortunadamente para la sociedad es una arma de doble filo, se pudiera pensar de que la incorporación de esta filosofía es solo para ganar mercado y para obtener beneficios a corto plazo, la ventaja esta en que si únicamente lo hacen con ese fin, la misma sociedad es la que se va encargar de llevar al desplome a la empresa, a través de la difusión de las incongruencias entre las malas practicas y lo que aparentemente realizan. El concepto de transparencia se lleva a su esplendor debido a que habrá mas de una entidad que vigile de cerca las actividades que la empresa realiza.

Sin duda, las empresas tecnológicas son las que se inclinan mas en ver la RSC como una oportunidad de fortalecer sus estrategias de negocio. El tema de lo sostenible es importante, pero si de manera implícita vende y se satisfacen las expectativas de los grupos de interés, esta tendencia será muy bien aprovechada por las empresas tecnológicas.

Es importante mencionar que son pocas las empresas tecnológicas que cuentan con una área específica de RSC, es un tema que no tardara en ser admitido dentro del ambiente tecnológico y que por el momento, solo un número reducido de las principales empresas tecnológicas apuestan por la incorporación de esta filosofía.

La incorporación de la RSC en las estrategias de negocio de las empresas tecnológicas representa un paso adelante de la filosofía de sostenibilidad que la economía actual exige, representa un distintivo de empresa responsable al incorporarse a lista de empresas transparentes que exigen las asociaciones civiles y genera valor a la empresa que implementan y difunden practicas socialmente responsables.

La clave de los resultados empresariales que persiguen las empresas tecnológicas al adoptar la RSC en sus estrategias de negocio, se encuentra en mantener relaciones con los grupos de interés que no sean oportunistas.

Las asociaciones civiles juegan un papel importante en la adopción de la RSC de manera congruente y sensata de las empresas tecnológicas; aunque el punto de vista que tienen las empresas y con relación al que tiene la sociedad en general no es del todo compatible, si es posible juzgar sus acciones y reprimirlas si es necesario a través del poder de influencia que brinda las tecnologías de información.

Por otro lado, la sociedad cuenta con una herramienta “internet” que impulsa la RSC, dependerá de la misma sociedad utilizarla de la mejor manera para exigir la responsabilidad que tienen las empresas con sus grupos de interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Bustamante J. “¿Qué puede esperar la democracia de Internet? Una reflexión sobre la crítica de Langdon Winner al poder político transformador de la tecnología.” Departamento de Filosofía del Derecho, Moral y Política II (Ética y Sociología). Universidad Complutense de Madrid, 2004

2. Bhattacharya, C.B. "Does it pay to be a good citizen? A market based view". *International corporate citizenship conference*. San Antonio, Texas. 2003
3. Campos D. "El papel del Departamento de Recursos Humanos en la Responsabilidad Social Empresaria". *Conferencia. Sun Microsystems Iberica, S.A. XI Foro Capital Humano*. Madrid 2006.
4. Davis, K. "The Case for and Against Business Assumption of Social Responsibilities". *Academy of Management Journal*, 16, (1973), pp. 312-322.
5. Fundación Ecología y Desarrollo. "Las organizaciones de la sociedad civil y la responsabilidad social corporativa algunos casos destacables". [en línea]. Publicado en [ecodes.org](http://www.ecodes.org). Disponible en: <http://www.ecodes.org/documentos/archivo/Ecodes_OSC_y_RSC_2004.pdf>. Ultimo acceso: 13/03/2006.
6. Nieto, A.M., & Fernández G.R. "Responsabilidad Social Corporativa: La ultima innovación en management". *Universia Business Review*. (2004), pp. 28-39.
7. Russo, M.V., & Fouts, P.A. "A Resource-Based Perspective on Corporate Environmental Performance and Profitability". *Academy of Management Journal*, 40(3): (1997), pp. 534-559.
8. Torres C. "I Encuentro Internacional sobre la responsabilidad social corporativa de la empresa española en Latinoamérica. El caso del sector financiero". Instituto Brasileño de Análisis Económicos y Sociales (IBASE), (Mayo 2005), pp. 91-96.
9. Turban, D.B., & Greening, D.W. "Corporate Social Performance and Organizational Attractiveness to Prospective Employees". *Academy of Management Journal*, 40(3), (1996), pp. 658-672.
10. Vandermerwe, S., M.D. Oliff. "Customers Drive Corporations Green". *Long Range Planning*. 23(6), (1990), pp. 3-9.
11. Winner L. 2003. "Internet y los sueños de una renovación democrática", Isegoría 28 (2003), traducción de Verónica Sanz del original "The Internet and the Dreams of Democratic renewal", cap. 11 del libro *The civic Web: online politics and democratic values*, ed. de David M. Anderson y Michael Cornfield, Oxford, Rowman and Littlefield Publishers.

Gestión del Talento Humano en la búsqueda de máximos niveles de productividad de una Organización Estudiantil

Víctor J. Martínez

Universidad Distrital Francisco José de Caldas,
Ingeniería Electrónica,
Bogotá, Colombia
victortico@ieec.org

Sandra M. Suárez

Universidad Distrital Francisco José de Caldas,
Ingeniería Electrónica,
Bogotá, Colombia
sandramilena@ieec.org

ABSTRACT

The appropriate management of human Talent is one of the most important Strategic Planning for the development of any organization. The IEEE Student Branch of Distrital University “Francisco José de Caldas” has been developing many successful proposals in this area, which constitute a part of “Knowledge Management and Marketing Developing Plan”. This plan is the result of a work-team of volunteers, based in the empirical experience, the training in the area of working-team management and organizational structures developed as IEEE as well as university researching teams. The experience from people who has been part from our organization is the best training in our formation.

This is not an easier way, it is very complex if the work team is volunteer. Our system allow to design an appropriate model to manage it, this is a correct strategy to make real the goals to each work environment, into the defined execution time, besides, maintain a volunteer’s constant motivation, and success and security organizational projection.

Keywords: Knowledge Management, Marketing Plan, strategic management, volunteers.

RESUMEN

El manejo adecuado del talento humano, es uno de los planes estratégicos más importantes en el marco de cualquier organización. La Rama Estudiantil IEEE de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, ha desarrollado diversas propuestas exitosas en esta área, las cuales hacen parte del “Knowledge Management and Marketing Developing Plan”; el cual es el fruto del trabajo de todo un equipo de voluntarios, basado en la experiencia empírica, el entrenamiento en el área de gerencia de la fuerza laboral y estructuras organizacionales desarrollados tanto por el IEEE como por equipos de investigación dentro de la universidad. La experiencia de aquellos que han sido parte de nuestra organización se constituye en el uno de los mejores entrenamientos para nuestra formación.

Esta no es una tarea sencilla, y es aún más compleja si este equipo de trabajo es voluntario. Nuestro sistema permite diseñar un modelo adecuado para su manejo, una correcta estrategia que permite que se logren los resultados esperados en cada uno de los ambientes en los que se trabaja, en un tiempo de ejecución definido, así como mantener la motivación constante de los mismos y una proyección de éxito y seguridad organizacional.

Palabras claves: Talento Humano, Voluntariado, Visión Organizacional, Gerencia Estratégica,

INTRODUCCION

La administración y optimización del talento humano es un sistema integral, abierto a nuevos conocimientos, es un sistema adaptativo que evoluciona continuamente. Estos modelos son creados en la búsqueda de que cada grupo humano maximice su propio potencial el cual enrutado de la forma adecuada se transforma, evoluciona al punto de consolidarse como una ventaja competitiva, para el individuo y para la organización de la cual hace parte.

La Rama Estudiantil IEEE de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas es uno de los grupos académicos que cuenta con mayor número de estudiantes colaboradores, (a nivel local, nacional e internacional), en el IEEE; esto sin contar con la gran cantidad de personas que acceden diariamente a sus servicios. El potencial humano de la Rama se puede agrupar en cuatro categorías de acuerdo a las tareas que le han sido asignadas: Miembros del Comité Ejecutivo, Monitores de Sala, Capítulos Estudiantiles y los demás Miembros IEEE. Gracias a cada uno de ellos nuestra organización es ampliamente reconocida por los servicios integrales así como los diferentes procesos que se llevan a cabo al interior de nuestra organización, entre las que se incluyen iniciativas como, Elecciones Democráticas para Comité Ejecutivo, Campaña de Membresía, desarrollo de ciclos de Conferencias, gestión publicitaria, postulación de proyectos y grupos de trabajo investigativo y administrativo, promociones y fomento de la aplicación al IEEE y sus sociedades a partir de un manejo adecuado de los recursos y las promociones, como las brindada este año por la sociedad de Comunicaciones y Potencia, así como una adecuada selección de Monitores Sala “Kassys Gabriunas” entre otras.

La administración del talento humano y su valor productivo, se constituye en una herramienta vital en las organizaciones. Un buen gobierno es aquel que luego de analizar el panorama general de su organización y teniendo una clara visión del equipo humano que posee, se encuentra en capacidad de realizar una verdadera estrategia de optimización de recursos.

En esencia tomamos a cada una de las personas que ingresan a nuestra organización como un diamante embruto, al cual hay que pulir, tratar con finura y delicadeza para luego mostrarlo, usarlo y tener reconocimiento gracias a él, así como mantenerlo con todos los cuidados necesarios para que este siempre se encuentre en las mejores condiciones. Una mezcla de eficiencia y eficacia, lo que se transforma en efectividad.

En este artículo se presentan los resultados parciales a Diciembre de 2005, en el área de gestión y administración del talento humano desarrollados en el Knowledge Management and Marketing Developing Plan desde el año 2003. En este primer gran bloque de desarrollo, se culminó la etapa de propuesta e inserción inicial de estrategias. Actualmente el proyecto continúa en etapa de evaluación y reestructuración, tal cual lo propone el sistema de gestión de alta calidad mediante el cual se verifica la calidad en los procesos lo que conlleva a una excelencia organizacional.

1. GRUPOS HUMANOS AL INTERIOR DE NUESTRA ORGANIZACIÓN, NUESTRA MAYOR FORTALEZA

La Rama Estudiantil IEEE-UD posee como pilares fundamentales el código de ética del IEEE y los estatutos establecidos por el mismo instituto en lo que se refiere al manejo y administración de una rama estudiantil. Básicamente la Rama IEEE-UD es manejada por un grupo de estudiantes liderados por un Presidente, todos son escogidos anualmente por votación entre los miembros IEEE-UD, aconsejados y apoyados por dos profesionales: El Profesor Consejero y el Mentor. A continuación se detalla el grupo de personas que la maneja y los grupos con los que se relaciona la Rama en favor de un objetivo común.

p. Comité Ejecutivo.

El comité ejecutivo de la Rama Estudiantil del IEEE de la universidad Distrital Francisco José de Caldas, es uno de los pilares fundamentales de nuestra organización, es el foco estratégico para el éxito de los demás elementos. Su composición busca contener todas las áreas de acción de la organización. Debido a esto es fundamental que cada una de las personas que lo conforman tengan una clara visión de ellos mismos y de la organización, ya que esa es una de las estrategias de un buen gobierno. Actualmente, el Comité Ejecutivo de la Rama IEEE-UD está compuesto por

Presidente, Vicepresidente, Secretario, Tesorero, Coordinador Académico, Coordinador de Sala, Coordinador de Publicidad, Coordinadora de Actividades, Administrador de servidor, Administrador de Red, Webmaster. Quienes son elegidos por demostrar interés y capacidades en la administración de la Rama IEEE-UD. Aunque cada uno tiene su función definida, todos deben velar por el buen funcionamiento de la Rama y representarla ante diferentes estamentos con los que la Rama se relaciona. Para postularse a algunos de esos cargos se debe poseer cierta experiencia en el manejo de una Rama Estudiantil, esta experiencia es brindada por el trabajo desarrollado como monitor de Sala o al ser parte de un Capítulo Estudiantil. El asegurar experiencia y dominio de ciertas áreas así como un fuerte compromiso con lo que se esta desarrollando es esencial en este bloque organizacional. El Consejero debe ser un profesional en el área de ingeniería y ciencias afines, que entre muchas otras cosas, permita desarrollar una estrecha relación entre la Universidad y el IEEE con la Rama. De igual manera el Mentor es aquella persona que proporciona a la Rama una visión empresarial, un contacto con el mundo de los negocios, la gerencia administrativa y por supuesto con el IEEE. La combinación de éstos ingredientes sumados a nuestra reunión semanal, en donde analizamos, planeamos, verificamos y establecemos planes de acción constituyen una fortaleza de nuestro equipo de trabajo.



Fig. 1. Comité Ejecutivo Rama Estudiantil IEEE-UD

q. Monitores de Sala

Este grupo de personas es vital para nuestra organización, ya que en medio de ellos se encuentra el talento humano en potencia que posteriormente evolucionará y hará parte de otras instancias más complejas dentro de nuestra organización. Cada uno de ellos llega por una razón diferente, pero todos con un objetivo común: formar parte de nuestra organización; les atrae la idea de ser parte de una de las más grandes asociaciones técnicas a nivel mundial la posibilidad de comenzar a explorar algún área específica del conocimiento ingenieril que sea de su agrado, así como vivir una experiencia administrativa lo que se constituye en un modelo integral de formación.

Los monitores son estudiantes que aportan con su trabajo voluntario en la organización y servicio prestado en la Sala de la Rama IEEE-UD. Ellos no solamente atienden al público que visita diariamente la sala, sino que también colaboran en la logística de las actividades que se hacen y representan la Rama a nivel local, nacional e internacional. Se encuentran en la sala dentro del horario de atención al público (8am-4pm), haciendo turnos de dos horas; éstos jóvenes son liderados y por los Coordinadores de Sala. Cabe destacar que este es nuestro grupo humano más preciado no sólo por la labor que realizan si no por que son la Cara del IEEE ante la Comunidad Universitaria, y demás personas que nos visitan diariamente, además son los futuros líderes de nuestra Rama, las generaciones futuras que generarán y buscaran la promoción y el fomento de los futuros ingenieros y mantendrán vivos los pilares de nuestra organización.

r. Miembros de capítulos técnicos

Al ser parte de una asociación profesional en ingeniería, que maneja más de 39 sociedades técnicas, las ramas estudiantiles tienen la posibilidad de conformar grupos de investigación en cada una de las sociedades que posee el IEEE. Nosotros somos la organización estudiantil con mayor número de capítulos estudiantiles en Latinoamérica. Los “capítulos” son conformados por estudiantes de diferentes carreras que desean desarrollar sus investigaciones y proponer soluciones a problemas de la ingeniería dentro de un área específica con el apoyo de la Rama IEEE-UD. Tienen su propio presidente que los lidera y también su profesor consejero que soporta su trabajo de investigación. Actualmente existen ocho capítulos: Potencia, Bioingeniería, Geociencia, Control, Comunicaciones, Computadores Procesamiento de Señales y Management. También se creó el primer Grupo de Afinidad Estudiantil de “Mujeres en la Ingeniería” en el mundo, el cual trabaja actualmente promoviendo y apoyando a las futuras ingenieras y la apertura del mismo grupo en otras universidades en Colombia y Suramérica. Buscando ampliar los horizontes y observando la necesidad del manejo de un segundo idioma, tomamos la decisión de crear el grupo de afinidad en el idioma Inglés, denominado SPEAKING ENGLISH Affinity Group. De esta manera brindamos una amplia de áreas del conocimiento en los que se puede desempeñar cualquier persona sin importar el nivel académico que posea, simplemente tener las ganas y este dispuesto a asumir responsabilidades y tareas específicas para cumplir en un periodo determinado de tiempo.

s. Miembros IEEE

Nuestros servicios están en función de los estudiantes y profesionales, de ingeniería y áreas afines y de manera especial aquellos que son miembros del instituto. Los miembros IEEE son la principal razón de ser de la Rama. Las actividades que se planean tienen como objetivo prestarles grandes beneficios a nivel local. Promover la membresía al IEEE es una de los principales objetivos, ya que acercan a los profesionales y estudiantes de ingeniería a los avances a nivel mundial en áreas específicas, brinda oportunidades de participación y ponencias en concursos y congresos de alta calidad, mantiene actualizado al ingeniero y motiva el estudio en diferentes especializaciones, genera espacios de integración entre universidades y países, también ofrece oportunidades de trabajo alrededor del mundo, entre muchos otros beneficios.



Fig. 2. Capítulo de Procesamiento Digital de Señales (DSP) IEEE-UD.

3. RELACIONES INTERINSTITUCIONALES ESTRATEGICAS.

Las relaciones al interior y exterior de la universidad son vitales para el correcto funcionamiento de los diferentes grupos humanos ya que la interacción con el mundo real permite mostrarles las dimensiones de la ingeniería y el marco global del cual ahora son parte. Esto sin contar con que es precisamente en este punto en donde se ejecuta a plenitud el desarrollo teórico de la gerencia organizacional y la gestión y administración del talento humano.

3.1 Exmiembros IEEE-UD

Son profesionales que además de haber tenido algún vínculo con la Universidad (estudiantes, profesores, administrativos, etc.), estuvieron vinculados directamente con la Rama IEEE-UD. Estas personas tienen mucha importancia en la Rama, ya que comparten sus experiencias y proponen desde un punto de vista profesional ideas para mejorar la Rama; además enlazan a los estudiantes de ingeniería con empresas y otros profesionales en el mundo. Por ejemplo, en el mes de Febrero de 2004 de este año se organizó el *Seminario en Tópicos Avanzados de Lógica Difusa* con la colaboración del ex miembro IEEE-UD (1989) Ph.D. Carlos Andrés Peña (Instituto Novartis de Suiza).

3.2 Administrativos de la Universidad

La Rama también se relaciona estrechamente con algunos estamentos de la Universidad, quienes apoyan su trabajo y ven retribuida esta labor en el fortalecimiento de la Universidad, su proyección académica interna y social, además de establecer a la Rama como uno de sus representantes a nivel local, nacional e internacional, en reuniones estudiantiles y postulación en congresos de alto nivel; además de consecución de enlaces con profesionales de renombre que visitan la universidad e instruyen a sus estudiantes por medio de Seminarios, talleres, tutoriales, conferencias y concursos. Entre los estamentos dichos estamentos están, la Rectoría, Vicerectoría, Decanatura de Ingeniería, Coordinación de los Proyectos curriculares de la Facultad de Ingeniería, Oficina de Internacionalización de la UD, Oficina de Egresados, Oficina de Recursos Físicos, Oficina de Bienestar Universitario, RED-UDNET, Laboratorio de Ingeniería, entre otros.

3.3 Otros Grupos.

Dentro y fuera de la Universidad encontramos otros grupos que de alguna forma se relacionan con nuestro objetivo pero lo abordan de forma diferente. A nivel interno nos hemos relacionado con el Grupo Linux de la UD (GLUD), el Laboratorio de Automática y Microelectrónica (LAMIC), algunos grupos de investigación como Telecomunicaciones y Bioingeniería, Semana de Ingenio y Diseño y Semana de Ingeniería Industrial. A nivel externo nos encontramos fuertemente ligados a otras Ramas Estudiantiles de universidades en Bogotá, Colombia y el resto del mundo, como por ejemplo, la Universidad Javeriana, Andes, Nacional, Cundinamarca, Militar, INCCA, Piloto, Católica, Norte, UIS, Cauca, Salvador Bahía, entre otras. En varias de éstas Universidades la Rama IEEE-UD ha sido pieza fundamental en la conformación de sus ramas estudiantiles y consolidación de las mismas dentro de sus Universidad. A muchas de las más cercanas, la Universidad Distrital las ha ayudado a consolidarse frente al IEEE y frente a su universidad.

3.4 Colegios

También se trabaja con personas de colegio programando ciertas actividades que puedan motivar a los estudiantes a estudiar en el área de ingeniería y formarlos para tener una mentalidad investigativa a favor de la sociedad y la realidad de nuestro país.

4. EL TALENTO HUMANO COMO VENTAJA COMPETITIVA DE NUESTRA ORGANIZACIÓN.

Nuestra Rama Estudiantil, posee cerca de 200 miembros estudiantiles vinculados directamente con el instituto, y cerca de 150 personas conforman el equipo de voluntariado. Este volumen de personas es bastante elevado y es tan variado como sus gustos y potencialidades; nuestro objetivo consiste esencialmente en la maximización y optimización de sus fortalezas tanto en el área académica como administrativa. A partir de nuestra experiencia hemos desarrollado un modelo que hace parte del “Knowledge Management and Marketing Developing Plan”, el proceso se puede visualizar fácilmente con los siguientes pasos:

1. Convocatoria
2. Conferencia de Preselección.
3. Selección del Equipo de Trabajo.
4. Análisis del Equipo de Trabajo.
5. Reestructuración del Equipo.
6. Convivencia (Encuentro- Taller IEEE-UD)
7. Generación de nuevas Tareas.
8. Definición de Cargo Definitivo.
9. Evaluación final e inicio del proceso.

Estos nueve pasos se utilizan para la adquisición de personal como fuerza de trabajo voluntaria de la Rama Estudiantil IEEE UD. Estos a su vez también son los nuevos miembros generados al Instituto, ya que el tener un contacto con los beneficios otorgados por el Instituto y la Rama Estudiantil, se convierte en un atractivo simplemente irresistible.

El talento humano no se asocia únicamente al esfuerzo de la actividad humana si no a todos los factores que lo involucran dentro de una sociedad, esto implica mucho más que simples procesos sistémicos, es conocimiento, experiencia, motivación, intereses vocacionales, aptitudes, actitudes, habilidades, su salud, en una medida es todo la esencia del ser, la cual se debe orientar así como en el caso de las antenas, con el fin de obtener la máxima ganancia y la directividad adecuada según sea el caso. El proceso que implementamos es sencillo, práctico y efectivo, además de que cumple con los principios de mejoramiento constante, y tiene el enfoque de un sistema de gestión de alta calidad.

Las convocatorias son abiertas a toda la Comunidad Universitaria de la Facultad de Ingeniería, y se realizan durante 1 mes mediante afiches, correos electrónicos, participación en la inducción de los estudiantes que entran por primera vez a la Universidad, ciclos de películas, entre otras actividades. Para captar una mayor acogida se realiza un ciclo de conferencias acerca del IEEE y la Rama Estudiantil IEEE UD, en donde se muestran las ventajas y múltiples beneficios de ser parte de nuestra Rama y por supuesto del IEEE.



Fig. 3. Convivencia VII Encuentro Taller IEEE-UD

Ya que en primera instancia no toda la comunidad se acerca ofrecemos la posibilidad de ser monitor de las Sala Kirmann y la Hemeroteca Kasys Gabriunas, que son nuestras salas de Computo Estudio y Biblioteca Técnica, que tiene como atractivo el ser única en Colombia así como una de las más Completas y antiguas de Latinoamérica y el Caribe.

En algunas ingenierías es requisito de grado ser parte de un grupo académico o de uno de investigación, y es gracias a ello que algunas personas que son parte de nuestra fuerza de trabajo sean vinculadas a través de esta opción. Sin embargo después de haber trabajado durante un tiempo con nosotros, observan las ventajas de ser parte de nosotros y a escalar posiciones dentro del Ranking de nuestra Rama, se comprometen más a fondo, se vinculan a los Capítulos estudiantiles, ya que contamos actualmente con cinco de ellos y se encuentran en formación otros tres. Otros un poco más osados son parte de Comité de trabajo y actividades, por ultimo están los que desean ser parte de Comité Ejecutivo y trabajar arduamente en el fortalecimiento de nuestra Rama Estudiantil.

La selección de los equipos de trabajo se realiza a partir de las necesidades propias del momento, ya que en algunas ocasiones se requieren personas con requisitos específicos para áreas determinadas. Allí es de vital importancia la identificación de los perfiles de aquellos que se pretenden vincular a nuestra organización. Una de las estrategias asociadas a esta etapa del proceso es una dinámica que se desarrolla con el auspicio del Departamento de psicología de nuestra Universidad.

A través de ésta, desarrollamos la identificación de que le gusta hacer a cada persona, que no esta dispuesto hacer, cual es su disponibilidad de tiempo y como son sus relaciones con el entorno. Se realizan un total de 5 charlas durante el proceso de identificación ya que como se ha mencionado lo que se busca es maximizar las potencialidades de cada una de las personas. Por lo anterior ninguna persona realiza tareas que no son de su agrado, se le invita a que conozca como se hacen si en alguna es necesario que la realice, poseer el conocimiento necesario para realizar cualquier tarea en el interior de nuestra organización e investigar y profundizar en aquellas que son afines al perfil de cada individuo es una muy buena forma de maximización de resultados dentro de cada bloque funcional de la organización.

A lo largo del primer semestre de vinculación se entrena a cada persona en su área específica, bien sea administrativa ó investigativa, posteriormente se le asocian tareas tales como paper, proyectos técnicos, laboratorios, automatización de procesos entre muchos otros, todo con el fin de que cada uno de ellos explore e identifique lo que realmente desea realizar dentro del capitulo o la administración de la Rama.

El encuentro taller es una jornada esencial dentro de nuestra organización; esta se realiza a las afueras de la ciudad con todos nuestros miembros. En esta actividad se realiza un análisis de los procesos y desarrollos, al igual que una evaluación del desempeño de cada uno de los integrantes del comité directivo, identificando las fortalezas y debilidades de la organización. A partir de este análisis se procede al diseño de estrategias que permitan la solución de las problemáticas detectadas en el momento anterior. Luego de esto se procede a evaluar las propuestas generadas colocarlas en debate identificado su viabilidad.

A partir de este estudio es posible analizar tres pilares fundamentales de nuestra organización Misión, Visión y Objetivos, verificando el cumplimiento de los mismos e al igual que el planteamiento de los objetivos a corto mediano plazo, y si es el caso reevaluar aquellos que ya se han planteado a largo plazo.

Este trabajo es bastante complejo y largo, razón por la cual es manejada de una manera dinámica e involucrando actividades de entretenimiento en las noches así como espacios de relajación, meditación y análisis de los procesos que se pretenden evaluar.

De esta manera combinamos 2 actividades muy valiosas, la primera es que integramos al equipo de trabajo en

actividades en donde se pueden observar otras facetas de su vida, identificando posibles potencialidades que no se habían detectado antes, al igual que diversas problemáticas y roces en las relaciones. Este tipo de actividades transparenta al ser y lo muestra bastante bien y al mismo tiempo lo anima a seguir trabajando con nosotros, esto puede ser en el mismo grupo de trabajo o en uno en el que se sienta más cómodo.

De igual manera este es el espacio idóneo para identificar a aquellas personas que poseen actitudes de liderazgo, y que presentan el perfil adecuado para ser parte del comité ejecutivo de la organización. E iniciar el entrenamiento respectivo de aquellos que desean obtener un cargo en nuestro staff organizacional.

Una vez finalizado el encuentro taller, el cual se realiza en un fin de semana generalmente, se desarrollan las memorias del mismo. Éstas permiten que aquellos que no conocen los procesos y los modelos de nuestra organización conozcan nuestros procesos a partir de la documentación generada. Y de esta manera iniciar nuevamente el proceso.

La motivación de los miembros de la organización es fundamental; lograr que cada uno de ellos se sienta apreciado e importante para la organización. Cosas tan sencillas como la celebración de cumpleaños, el reconocimiento de los monitores del mes y el capítulo más productivo, promueven el desarrollo de una sana competencia y la generación de ventajas competitivas para cada una de las áreas de los diferentes grupos de trabajo.

5. CONCLUSIONES

La gestión y administración del talento Humano dentro de una Rama Estudiantil se constituye como el pilar fundamental, que se debe mantener firme y constante siempre, ya que cuando este se debilita; la Rama pierde fuerza mientras que cuando este crece, se hace grande, se fortalece y se posiciona a nivel global.

Es por ello que para nosotros es vital aumentar el número de participantes de nuestra organización, con nueva fuerza de trabajo, ya que son estos los que se convierten en nuevos miembros. De la misma manera fomentar la continuidad de los actuales miembros de nuestra organización, para que su membresía se mantenga activa siempre y sean luego parte de los miembros profesionales que conforman el IEEE.

El aumento del Talento Humano debe desarrollarse en cada uno de los grupos humanos descritos anteriormente, ya que es esencial que cada uno de ellos se constituya como una fortaleza de nuestra Rama, incrementando así nuestra ventaja competitiva sobre las demás organizaciones estudiantiles que hacen parte de IEEE.

Optimizar, gestionar y administrar las diversas capacidades potenciales existentes en cada uno de los futuros ingenieros que tocan las puertas de nuestra organización es una de nuestros mayores desafíos ya que estos nos permiten evolucionar, maximizar nuestra productividad académica y administrativa evidenciando como a partir de un proceso dinámico es posible transformar una organización en un centro de excelencia.

Las diferentes labores desarrolladas por el comité ejecutivo de la Rama y sus dependencias nos constituyen como un verdadero laboratorio empresarial, ya que permite adquirir conocimientos y un profundo entrenamiento en tan diferentes y variados campos que van desde las ciencias de la Administración y financieras hasta los más complejos conceptos en las área como Potencia, Bioingeniería, DSP, Telemática, Computadores, Geociencia, Inteligencia Computacional, Microelectrónica, Robótica entre otras.

Y sin lugar a dudas la creación de nexos con Organizaciones Empresariales, Universidades, entre otras, genera una visión más global a nuestra Rama; permitiendo ver más allá de lo que una persona puede aprender dentro del Campus Universitario, dimensionando al futuro ingeniero dentro de su Rol en la sociedad actual, teniendo en cuenta la realidad Económica y Política de nuestra nación y el mundo, permitiendo posicionarlo en la coyuntura actual, generando así soluciones rápidas y eficaces a las problemáticas y vivencias que vive un ingeniero en el mundo de hoy.

REFERENCIAS

1. Luz Patricia Martinez , "Gestion Social del Talento Humano", Marzo 2002
2. Pablo Cardona "Las Claves Del Talento: La Influencia Del Liderazgo En El Desarrollo Del Capital Humano", 2000
3. 3. James R. Davis, Adelaide B. Davis, "Effective Training Strategies: A Comprehensive Guide to Maximizing Learning in Organizations" (Berrett-Koehler Organizational Performance Series), October 1998
4. Ambrosio V. *Plan de Marketing*; Bogotá: Pearson Educación de Colombia. 2000
5. Beer M., Eisenstat R. y Spector B. *La Renovación de las Empresas*; Madrid: McGraw-Hill. 1992
6. Downs A. *Los Siete Milagros del Management*; Madrid: Prentice Hall. 2000
7. Fresco J. *Desarrollo Gerencial*; Buenos Aires: Ediciones Macchi. 1991
8. Hesselbein F., Goldsmith M. y Beckhard R. *El Líder del Futuro*; Bogotá: Planeta Colombiana Editorial. 1999
9. Lebel P. *Cómo Descubrir y Explotar sus Cualidades*; Bogotá: Ediciones Roca. 1995
10. Sanchez G. *Violencia vs. Creatividad Tomo III*; Bogotá: Guipe Internacional. 1995
11. Tissen R, Andriessen D. y Lekanne F. *El Valor del Conocimiento*, Madrid: Prentice Hall. 2000.
12. Rama Estudiantil IEEE Universidad Distrital, Revista Enlace, 2001
13. Rama Estudiantil IEEE Universidad Distrital, "Estatutos Administrativos". Octubre 1979.
14. Rama Estudiantil IEEE Universidad Distrital, "Proyección 2005". Febrero 2005.
15. Rama Estudiantil IEEE Universidad Distrital, "VII Encuentro Taller IEEE-UD". Agosto de 2005.

SEGURIDAD INFORMÁTICA Y PROTECCIÓN DE SISTEMAS

Diseño De Un Sistema De Seguridad De Informacion Con JCE Que Permita Asegurar El Tráfico De Información Entre Un SGBDR y Sus Clientes En Una Intranet Pequeña.

Ing. Esp. Juan Pablo Paz Grau

Corporación Universitaria Rafael Núñez, Programa de Ingeniería de Sistemas

Cartagena, Colombia, Bolívar

jpazgrau@ieee.org

• ABSTRACT

Many emphasis and efforts has been put in protecting intranets and its users from the external enemy and malicious users, also many models has been proposed to limit access to shared resources, but little has been proposed to protect it from internal enemies and eavesdroppers.

This article analyzes the security implications the internal enemy arises and presents a security model that secures a small intranet from internal attacks using low cost data access and communication technologies.

Keywords: *Security, Intranet, JCE, JDBC, Hybrid Cryptographic System, RDBMS, Internal Enemy*

RESUMEN

Se ha hecho mucho énfasis y esfuerzo en proteger a las intranets y a los usuarios del enemigo externo, de los usuarios maliciosos y se han definido modelos para limitar el acceso a los recursos. Sin embargo, poco se ha trabajado sobre el enemigo interno y los fisgones.

Este artículo analiza las implicaciones de seguridad que plantea el enemigo interno y presenta un modelo de seguridad que permite asegurar una intranet pequeña contra ataques de seguridad interna utilizando tecnologías de acceso a datos y comunicaciones de bajo coste.

Palabras claves: *Seguridad, Intranet, JCE, JDBC, Sistema Criptográfico Híbrido, SGBDR, Enemigo Interno.*

1. INTRODUCCIÓN

Mucho se ha avanzado en las últimas décadas en materia de seguridad informática y particularmente en el área de las comunicaciones. Esto se ha debido más que todo al desarrollo inusitado que ha experimentado Internet y al florecimiento de la nueva forma de hacer negocios, el comercio electrónico.

Sin embargo, pese a que comunicarse por Internet es cada día más seguro, las intranets adolecen de un esquema de seguridad que se adapte a su situación particular.

Se ha hecho énfasis en proteger a las intranets del enemigo externo, utilizando firewalls, certificados y proxies para regular el tráfico que entra a la intranet, pero no se han creado mecanismos que les permitan asegurar su información frente a la amenaza del enemigo interno. En intranets grandes y medianas esto puede lograrse por medio de criptosistemas basados en la confianza (PGP, Kerberos, Etc.), pero en intranets pequeñas básicamente confiamos en todos los usuarios.

En este artículo, se define un esquema de seguridad práctico que puede ser fácilmente implementado por intranets pequeñas (teniendo en cuenta los parámetros de costo y tiempo de implementación) para asegurar sus datos frente a la amenaza del enemigo interno, definiendo a este como un adversario pasivo, que “solamente es capaz de leer información de un canal inseguro” [1].

2. MODELO DE UNA INTRANET PEQUEÑA

Las intranets pequeñas por lo general implementan arquitecturas de hardware, software y comunicaciones de bajo costo.

A nivel de hardware implementan arquitecturas SIMD, a nivel de software implementan sistemas operativos de red o algún otro método que les permita autenticar a sus usuarios o identificar sus recursos dentro de la intranet; A nivel de comunicaciones el estándar de la industria es la tecnología de multidifusión Ethernet.

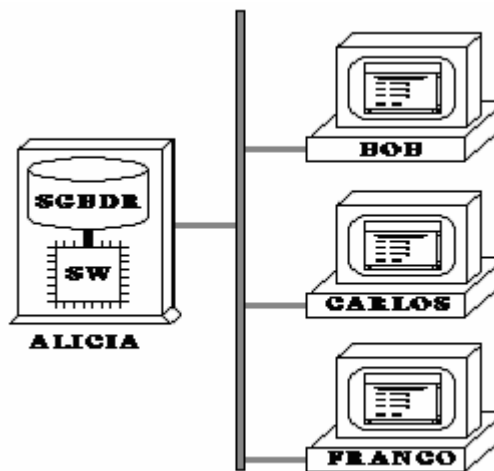


Fig. 1 Modelo del sistema.

En el nivel de aplicación, la tendencia en las aplicaciones de acceso a datos ha sido la distribución de las tareas en un esquema de tres capas [Fig. 1] donde se tiene una máquina servidora con un sistema gestor de bases de datos relacional (SGBDR) en la capa de datos y un servidor web (SW) en la capa de lógica con capacidad de hacer interfaz con el SGBDR y gestionar las peticiones de acceso a datos que realizan los usuarios.

Los usuarios (Alicia juega el rol de servidor, Bob, Carlos y David son usuarios clientes que utilizan una aplicación de acceso a datos. Se ha cambiado el nombre de Eve the Eavesdropper a Franco el Físgón) ejecutan aplicaciones de acceso a datos por medio de un navegador web, y se conectan al servidor web a través de una topología de red en bus con acceso compartido al medio (Ethernet); es decir, los datos y la lógica deben transitar por un canal inseguro desde el servidor hasta la capa de presentación en los clientes.

En el nivel de seguridad, además de la autenticación que provee el sistema operativo de red, el administrador del sistema de información (si lo hay) especifica un esquema de seguridad en el SGBDR basado en roles y usuarios para conservar la integridad de los datos y controlar la forma en que los usuarios acceden a los datos.

De manera complementaria, el desarrollador de la aplicación de acceso a datos tiene la obligación de definir flujos de datos que permitan a los usuarios solamente realizar las transacciones y observar los datos que su rol en el SGBDR les permite.

3. PROBLEMAS DE SEGURIDAD EN EL MODELO

Suponiendo que el esquema de seguridad antes descrito se haya implementado de manera correcta y descartando la presencia del enemigo externo utilizando firewalls y proxies, se supone que no debería haber mayores problemas de seguridad en el sistema.

El problema surge cuando uno de los usuarios se convierte en Franco el Fisgón. Hay muchas razones que pueden conducir a este cambio de comportamiento en los usuarios. En primera instancia, los enemigos externos pueden realizar ingeniería social sobre un usuario David y convertirlo en Franco. O incluso, puede suceder que David decida convertirse en Franco por voluntad propia.

La motivación de David por convertirse en Franco introduce un elemento de inseguridad de difícil trato en el sistema. La dificultad reside en que Alicia sigue creyendo que se comunica con David, pero David ha dejado de ser el para convertirse en Franco. No hay manera alguna en que el sistema pueda detectar este cambio de personalidad, ya que este cambio sucede en la conciencia del usuario. En últimas, frente al sistema Franco sigue siendo David junto con todos sus privilegios, accesos y roles, solo que realmente actúa como Franco.

Una vez que David se ha convertido en Franco [Fig. 2], puede empezar a producir estragos en la seguridad del sistema. TCP/IP no fue diseñado con la seguridad como uno de sus aspectos de diseño, lo que hace que las comunicaciones del protocolo sean susceptibles de ser interceptadas; como los protocolos de la capa de aplicación realizan diálogos en el lenguaje natural, a Franco se le facilita la labor de analizar la información que intercepta.

El web, en particular, fue diseñado como un medio para difundir información de manera abundante, sencilla, y como requisito de diseño, de ser copiada y compartida.

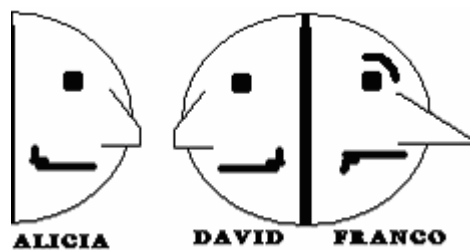


Fig. 2 Frente a Alicia, Franco se presenta como David; Alicia no tiene manera de conocer sus verdaderas intenciones.

Franco puede ser un usuario con conocimientos pocos o nulos de la arquitectura del sistema, sin embargo tiene la habilidad de copiar la información de la aplicación de acceso a datos desde el navegador web y compartirla con el enemigo externo. La calidad y la cantidad de la información que Franco puede recolectar de esta manera depende de los privilegios de David, y pueden proporcionar información suficiente como para espiar la unidad de negocio en la que David se desenvuelve.

Si Franco es un usuario con conocimientos avanzados de la arquitectura del sistema, puede prescindir de David y de sus privilegios para atentar contra el sistema. Al ser HTTP un protocolo orientado a caracteres, la información que se intercambia entre Alicia y los usuarios, Bob, Carlos y el mismo Franco, es susceptible de ser interceptada y analizada.

Ya que el hipertexto se transmite como texto plano, la información interceptada por Franco puede ser fácilmente analizada y compartida por Franco con el enemigo externo, y esta información incluye los datos digitados en los formularios (incluso nombres de usuario y contraseñas), los datos en bruto y la información procesada que recibe cada usuario e incluso, en determinados casos, la estructura del modelo de datos del SGBDR.

4. DISEÑO DE UNA SOLUCIÓN

Para diseñar una solución de seguridad con miras a cubrir las necesidades de una intranet pequeña, hay que partir de los siguientes predicados:

- **Debe ser económica:** Los negocios pequeños no cuentan con los recursos suficientes como para invertir en un sistema sofisticado de seguridad de datos, además la mayoría de ellos no lo considerarán necesario hasta que no hayan experimentado los daños que Franco pueda ocasionar.
- **Debe ser transparente:** No debe cambiar el paradigma que utilizan los usuarios, es decir, debe seguir siendo accesible por medio de la web; además, debe ser libre de administración, ya que los negocios pequeños tienen limitaciones para contratar nuevo personal ajeno a su área de acción.
- **Debe ser desconfiado:** El sistema debe presumir que cualquier usuario puede convertirse en Franco de manera potencial.

Partiendo de estos predicados, se ha diseñado una solución que utilice applets de Java para no cambiar la distribución en capas de las soluciones de acceso a datos, conservar el paradigma web que manejan los usuarios y por el bajo coste que implica una solución de estas características. Además, se tomará ventaja de la extensión criptográfica de Java (JCE) [3] para enrobustecer al sistema.

Podemos evaluar JCE dentro del modelo de seguridad computacional [1] como un sistema altamente seguro, ya que implementa las primitivas criptográficas convencionales de la industria, las cuales son escalables y permiten ampliar el dominio de la llave a medida que aumenta el poder computacional [2].

Al utilizar applets con JCE, la carga de implementar el esquema de seguridad recae directamente en el desarrollador de la solución de acceso a datos y permite asegurar el sistema al tratar a todos los usuarios como un posible Franco pero sin afectar considerablemente la manera en que se realiza el procesamiento de la información.

Si en el peor de los casos Franco logra sustraer el applet de la intranet, esto no tendrá fuertes repercusiones en la seguridad de los datos, ya que el applet no puede hacer peticiones a la capa de datos desde afuera de la intranet, y conocer los métodos criptográficos no afecta la seguridad si no se cuenta con las llaves de la sesión [1].

En el caso de un Franco experimentado, la utilización de JCE para proteger los canales de comunicación obstaculizará la tarea de analizar la información interceptada, ya que esta no será hipertexto sino texto cifrado.

5. SISTEMA DE SEGURIDAD

La utilización de applets de Java para aplicaciones de acceso a datos previene a un Franco inexperto el copiar y compartir información en masa, pero produce una brecha de seguridad considerable frente a un Franco experto: la consulta SQL y los datos en bruto deben ser transmitidos por la red y por lo tanto, son susceptibles de ser interceptados.

Esta situación es aún peor que la anterior, ya que le revela a Franco el modelo de datos de la aplicación, dándole un margen de maniobra mucho más abierto y peligroso.

Lo que se propone entonces, es un sistema que permita asegurar el tráfico de información entre el applet y el SGBDR para prevenir ataques pasivos que puedan comprometer la integridad de la información [5].

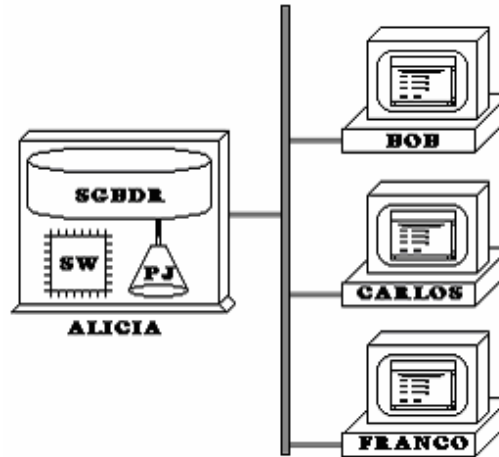


Fig. 3 Colocación del Proxy JDBC

En este nuevo paradigma los usuarios hacen peticiones al servidor web para descargar sus applets, y los applets hacen interfaz con el Proxy JDBC para suplir sus necesidades de datos. Esto permite seguir creando interfaces flexibles al usuario sin comprometer la seguridad, ya que Franco puede analizar el código del applet y lo único que verá será la forma como se formatean los datos para ser mostrados, es decir, solo verá actividades propias de la capa de presentación.

La forma como interactúan las diferentes tecnologías de acceso a datos y seguridad [Fig. 4] se detalla a continuación.

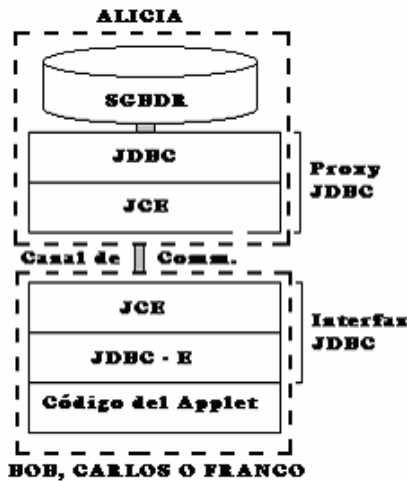


Fig. 4 Macroestructura de la solución.

Del lado del cliente, tenemos un applet que realiza las tareas de formateado y visualización de la información. Este applet utiliza un paquete, JDBC-E (JDBC Encriptado) para acceder a la información. El paquete deberá enmascarar todas las acciones que el desarrollador puede realizar con JDBC [4] si estuviera programando la aplicación de manera convencional.

Al momento de realizar la comunicación efectiva entre el cliente y el proxy JDBC, el paquete realiza el encriptado de la información que intercambian por medio de JCE. Al introducir en el canal de comunicación exclusivamente información cifrada, Franco es incapaz de analizar la información que intercepta en el canal.

Una vez recibida la información, el proxy JDBC utiliza JCE para descifrar las peticiones del usuario, identificarlo y proceder a traducir la petición del usuario en sentencias JDBC que son enviadas al SGBDR dentro de la misma máquina. Una vez obtenidos los datos en bruto, el proceso se repite en orden inverso para realizar la comunicación por medio del canal inseguro. Alicia, entonces, trata a todos los usuarios de la misma manera, independientemente de que sean Bob, Carlos o Franco. Bob o Carlos pueden convertirse en Franco en cualquier momento y la aplicación ya tendrá cubierta esta posibilidad; Alicia permite el trabajo de Franco (porque Franco es David) pero no permite que sustraiga la información del sistema.

6. EL PROXY JDBC

La entidad sobre la cual recae la responsabilidad de que todo funcione, es el Proxy JDBC. Este será el encargado de encaminar las peticiones de los clientes al SGBDR y de centralizar el sistema de seguridad.

La aproximación escogida es un sistema criptográfico híbrido que cumpla con los requisitos de seguridad de la información: confidencialidad, integridad de los datos, autenticación y no repudio [1].

En este sistema, Alicia y Bob definen un par de llaves públicas diferentes para cada sesión. La duración de la sesión esta determinada por un temporizador que se pone a correr en el Proxy JDBC cuando Bob es autenticado exitosamente.

Para llevar a cabo la sesión, Alicia y Bob intercambian sobres cifrados, los cuales están conformados por los siguientes componentes:

- Una firma digital, que es el resultado de aplicar un cifrado MD5 [5] sobre el mensaje, y luego cifrado con la llave privada del emisor.
- El mensaje a enviar, cifrado con un método de cifrado simétrico y con una llave aleatoria generada para cada mensaje.
- La llave aleatoria generada anteriormente cifrada con la llave pública del receptor.

Un sobre cifrado de estas características provee la seguridad indispensable [2] como para alejar la amenaza de Franco.

El protocolo de autenticación [Fig. 5] se especifica a continuación.

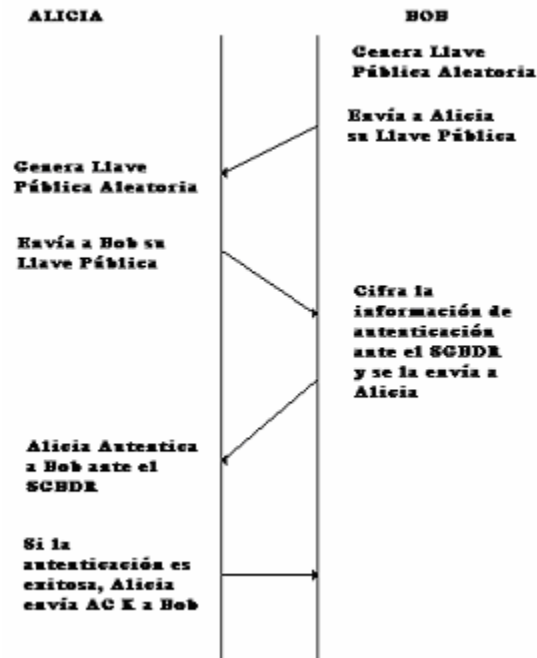


Fig. 5 Inicio de la conexión

Cuando Bob desea comunicarse con Alicia, genera de manera aleatoria una llave pública y se la envía a Alicia; Alicia responde generando de manera aleatoria una llave pública para la sesión y enviándosela de vuelta a Bob. Las llaves aleatorias no permitirán que Franco identifique a los portadores de las llaves tras un seguimiento a la información que intercepta en el medio de comunicación.

Una vez establecido el intercambio de llaves, Bob envía a Alicia un sobre cifrado con la información de nombre de usuario, contraseña y esquema a utilizar en el SGBDR. Alicia recibe el sobre, lo decodifica e intenta determinar si el SGBDR puede autenticar al usuario. Como el sobre trae una firma digital, Alicia puede constatar que realmente está autenticando a Bob en el sistema y no a Franco. Además, en comunicaciones posteriores durante la vida de la sesión, no será necesario retransmitir los datos de inicio de sesión de Bob; Alicia puede almacenar esta información y relacionarla con las llaves de sesión, porque solo Bob puede comunicarse por medio de ellas.

Si el SGBDR no logra autenticar a Bob, Alicia desecha el par de llaves públicas generadas anteriormente y niega la conexión. Si Bob envía mensajes cifrados con ese par de llaves, Alicia será incapaz de descifrar el mensaje, y por ende, no podrá acceder a las peticiones del emisor.

Nótese que en caso de fracaso, Alicia cierra la conexión unilateralmente; esto entorpece los intentos de Franco para producir ataques de fuerza bruta sobre Alicia. Franco tampoco puede presentarse ante Alicia pretendiendo ser Bob o ante Bob pretendiendo ser Alicia ya que debería ser capaz de generar el par de llaves privadas de Alicia y Bob antes que el temporizador expire. El temporizador ralentiza el intercambio de datos entre Alicia y Bob, ya que Bob debe autenticarse repetidamente si su sesión es larga, pero usualmente Bob solamente se comunica con Alicia durante breves períodos de tiempo.

Si la autenticación es positiva, Alicia guarda en su PKI el par de llaves generado, la información de autenticación, informa a Bob del éxito y establece un temporizador de validez para el par de llaves. La comunicación entre los dos se da por terminada en este momento.

El temporizador debe establecerse como un valor lo suficientemente amplio como para no ralentizar mucho el servicio, pero lo suficientemente corto como para no permitir que Bob permanezca con la aplicación ociosa y por ende, con la llave de sesión abierta, lo cual puede aprovechar Franco para poner en riesgo la seguridad del sistema.

Una vez que Bob es avisado del éxito de la autenticación, Alicia y Bob pueden intercambiar mensajes cifrados con las llaves de la sesión. Si el temporizador se agota, el proceso de validación debe comenzar nuevamente.

7. CONCLUSIONES

Las pequeñas intranet han empezado a utilizar de manera intensiva aplicaciones web para distribuir sus soluciones de consulta de datos. Aunque esto genera situaciones de riesgo informático, pueden ver sus problemas de seguridad resueltos a bajo coste con la implementación de un esquema criptográfico híbrido basado en las interfaces JCE y JDBC de Java.

REFERENCIAS

1. Menezes, P. Van Oorschot, S. Vanstone. Handbook of applied cryptography. CRC Press, 1996.

[30]

2. Gary C. Kessler. An Overview of Cryptography. <http://www.garykessler.net/library/crypto>.

[31]

3. Java™ Cryptography Extension (JCE) Reference Guide. <http://java.sun.com/j2se/1.4.2/docs/guide/security/jce/JCERefGuide>.

[32]

4. JDBC Technology. <http://java.sun.com/products/jdbc/index.jsp>.

[33]

5. R. Rivest. RFC-1321. IETF. 1992

[34]

[35]

Metodología para la recolección y análisis de evidencia digital

José E. Bonilla

Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería
de Diseño y Automatización Electrónica
Bogotá, Colombia, 1425
jbonilla@lasalle.edu.co

Lilia E. Aparicio Ph.D

Universidad Distrital Francisco José de Caldas,
Maestría en ciencias de la información y
comunicaciones
Bogotá, Colombia, 1425
medicina@udistrital.edu.co

RESUMEN

La investigación que se está adelantando está orientada hacia la recolección de evidencias digitales en discos duros con sistema operativo Linux. Este trabajo está dividido en tres etapas: a) Exploración temática, b) desarrollo de una metodología para la recolección y análisis de evidencias digitales, y simulación c) Desarrollo de un aplicativo de software para la recopilación de evidencias digitales. El presente documento exhibe, el resultado de la fase dedicada al desarrollo de una metodología. Esta es el producto del análisis de algunas metodologías, que al examinarlas no satisficieron las necesidades del presente trabajo y por tal motivo se propone una, que consta de cinco grandes etapas, las cuales a su interior están divididas en una serie de actividades a desarrollar. A partir de esta metodología se procederá, en trabajos futuros, a desarrollar la simulación con aplicativos propios de Linux y a desarrollar el aplicativo de software.

Palabras claves: evidencia digital, computación forense, recolección de evidencias, metodología

ABSTRACT

The investigation that is this advancing this oriented toward the gathering of digital evidences in hard disks with operating system Linux. This work is divided in three stages: a) thematic Exploration, b) develop of a methodology for the gathering and analysis of digital evidences, and simulation c) Develop of software for the collection of digital evidences. The present document show, the result of the dedicated phase to the development of a methodology. This is the product of the analysis of some methodologies that after inspect didn't satisfy the necessities of the present work for such a reason is necessary to propose one new; that consists of five big stages, which are divided in a series activities to their interior it is necessary to develop. Starting from this methodology, it will be developed future works: to develop the simulation with commands characteristic of Linux and to develop the software.

Keywords: digital evidence, forensic computation, gathering evidence, methodology

1. INTRODUCCIÓN

En el ambiente existe una infinidad de definiciones de computación forense; algunas de ellas analizadas en el documento denominado: To Revisit: What is Forensic Computing? [5]; pero para efectos de esta investigación se tomo la propuesta efectuada por McKemmish [7]. Ahora, teniendo en cuenta que, el centro de este trabajo es la recolección de evidencias digitales, se tomo el concepto planteado por Casey, quien define la evidencia digital de la siguiente forma: “Es un tipo de evidencia física. Esta constituida de campos magnéticos y pulsos electrónicos que pueden ser recolectados y analizados con herramientas y técnicas especiales” [3]. Es de especial relevancia recordar que estos concepto han sido adaptados de las ciencias forenses y el concepto de evidencia proviene del principio de Locard o principio de intercambio el cual dice que: “Cada contacto deja un rastro” [8].

Para el caso concreto de la computación forense, las evidencias están presentes en archivos, procesos en ejecución, enlaces establecidos, por nombrar algunos. Estas evidencias se pueden clasificar en dos grupos: volátiles y persistentes. Las volátiles son aquellas que desaparecen al ser apagado el computador; dentro de ellas podemos nombrar los procesos que están corriendo en memoria, los archivos temporales, puertos abiertos, enlaces establecidos. Por el otro lado los persistentes son aquellas que perduran a pesar de haber apagado el equipo y son las que quedan en los dispositivos de almacenamiento masivo; allí se pueden encontrar en archivos de log's, archivos modificados, archivos borrados, archivos de contraseñas, entre otros.

Es de tener en cuenta que lograr un estudio completo de evidencias que permita la reconstrucción de los hechos, el establecimiento de una línea de tiempo y poder discernir quien realizo el ataque, desde donde y cual fue su propósito va a depender de dos elementos; de la experiencia del investigados y del momento en el cual se inicie la investigación. Este último punto tiene una alta incidencia en los resultados obtenidos. Se obtiene una mayor información cuando la investigación se inicia ya sea en el momento de la comisión del ilícito o en un tiempo inmediatamente siguiente a la detección del mismo. En este punto, aun se puede recolectar algún tipo de evidencia volátil. Es de aclara que esto es solo posible si el computador no se ha apagado. Cuando la investigaron se inicia tiempo posterior al ataque y en el computador involucrado se ha seguido trabajando y este ha sido apagado; con todas seguridad las pruebas ya se han comenzado a desvanecer. En este caso las pruebas volátiles no exciten, y las pruebas persistentes ya se han borrado o son parciales. Un ejemplo de esto último lo podemos ver en dos ejemplos; uno de ellos es el caso de los archivos borrados, estos se pueden recuperar, pero si ya se han grabado nuevos archivos y estos han ocupado el espacio usado por el archivo borrado, estos sectores son reescritos, lo cual dificulta o imposibilita la recuperación de la información allí almacenado previamente. Otro es el caso de los log's, los cuales han variado, dependiendo de las políticas que se hayan implementado para la conservación de los mismos.

Teniendo en cuenta, los elementos jurídicos, y lo antes expuesto se presenta en este artículo el desarrollo de una metodología para la recolección y análisis de evidencias digitales.

2. DESARROLLO DEL TRABAJO

Partiendo del hecho que la evidencia digital se recoge como elemento probatorio, es importante preguntarse cuál es el fin de una prueba. Ante esto la Corte Constitucional dice: “El fin de la prueba es, entonces, llevar a la inteligencia del juzgador la convicción suficiente para que pueda decidir con certeza sobre el asunto del proceso.”

Siendo el marco de referencia lo dictado por la Corte, se debe entender que una evidencia digital debe cumplir con las mismas condiciones que un documento probatorio. Estas son:

- Compuesto por un texto, tenor o contenido. El contenido debe ser relevante en el ámbito jurídico
- Debe haber un autor, claramente identificado, y que se pueda esclarecer su origen y originalidad
- Inteligible
- Carácter de durabilidad o permanencia superior al objeto que representa
- Transportable

La aceptación de las evidencias digitales presentan una serie de problemas en el país; el Doctor Cano, hace un listado, que sin ser pormenorizado, si nos da una idea clara y precisa del tema [1].

- Falta de conocimiento y habilidades del legislador para identificar, valorar y revisar evidencia digital.
- Facilidad de la duplicación y dificultad en la verificación del original
- Almacenamiento y durabilidad de la información en medios electrónicos. Reconocimiento legal del mismo
- Identificación problemática del autor de los documentos
- El transporte inadecuado puede llevar a modificar el contenido de la evidencia digital recolectada.
- La evidencia recolectada puede estar cifrada, lo cual hace que no se pueda identificar con facilidad su contenido.
- Desconocimiento de las técnicas de intrusión de sistemas.

Por otro lado, el centro de atención de la investigación esta en la recolección de evidencias digitales, en un disco que este corriendo sistema operativo Linux; pero con una intencionalidad muy clara y es la de efectuar la recolección de tal forma que sean totalmente admisible legalmente. Esto quiere decir que la recolección de estas evidencias deba estar enmarcada bajo las prescripciones propias de las ciencias forenses y sobre la admisibilidad de pruebas de este tipo.

Tomando como base lo anterior, es necesario que se establezca una metodología de trabajo, que permita al investigador forense digital, efectuar el proceso de identificación y acopio de evidencias digitales. Para esto, se podría tomar una de las que se encuentran actualmente establecidas por los diferentes teóricos o por las compañías que se ha dedicado últimamente a la labor de computación forense; pero dentro del desarrollo de la presente investigación se decidió desarrolla una metodología propia, que toma elementos de algunas de ellas y bajo la visión jurídica colombiana.

En ese orden de ideas, una de las metodologías que se tomo como base fue la planteada por empresa New Technologies, Inc. [8] la cual consta de 16 pasos o etapas. También se tomo en cuenta lo planteado por McKemmish [7], quien propone cuatro elementos claves, pasos o macro tareas que engloban la mayoría de lo planteado por la empresa New Technologies. Igualmente se examino la metodología planteada por el Departamento de defensa de los Estados Unidos [9], quienes también consideran que el proceso consta de cuatro pasos. Casey, en su libro Digital Evidence and computer Crime [10], sugiere una metodología compuesta por seis pasos. De estas etapas, se debe resaltar lo referente a la primera metodología examinada, la cual hace referencia al proceso de Autorización y preparación, elemento esencial para adelantar cualquier investigación sin entrar a transgredir la ley; y por otro lado la etapa que hace referencia a la reconstrucción; la cual consiste en lograr recrear todo el ataque efectuado por el agresor. Esto es de especial importancia a la hora de poder establecer responsabilidades jurídicas y validez de las pruebas. Otra de las metodologías tenidas en cuenta fue la planteada por Carrier [2], quien ve el proceso de investigación dividido en tres fases y coincide con la planteada con Casey en lo referente a la fase de reconstrucción.

3. RESULTADOS

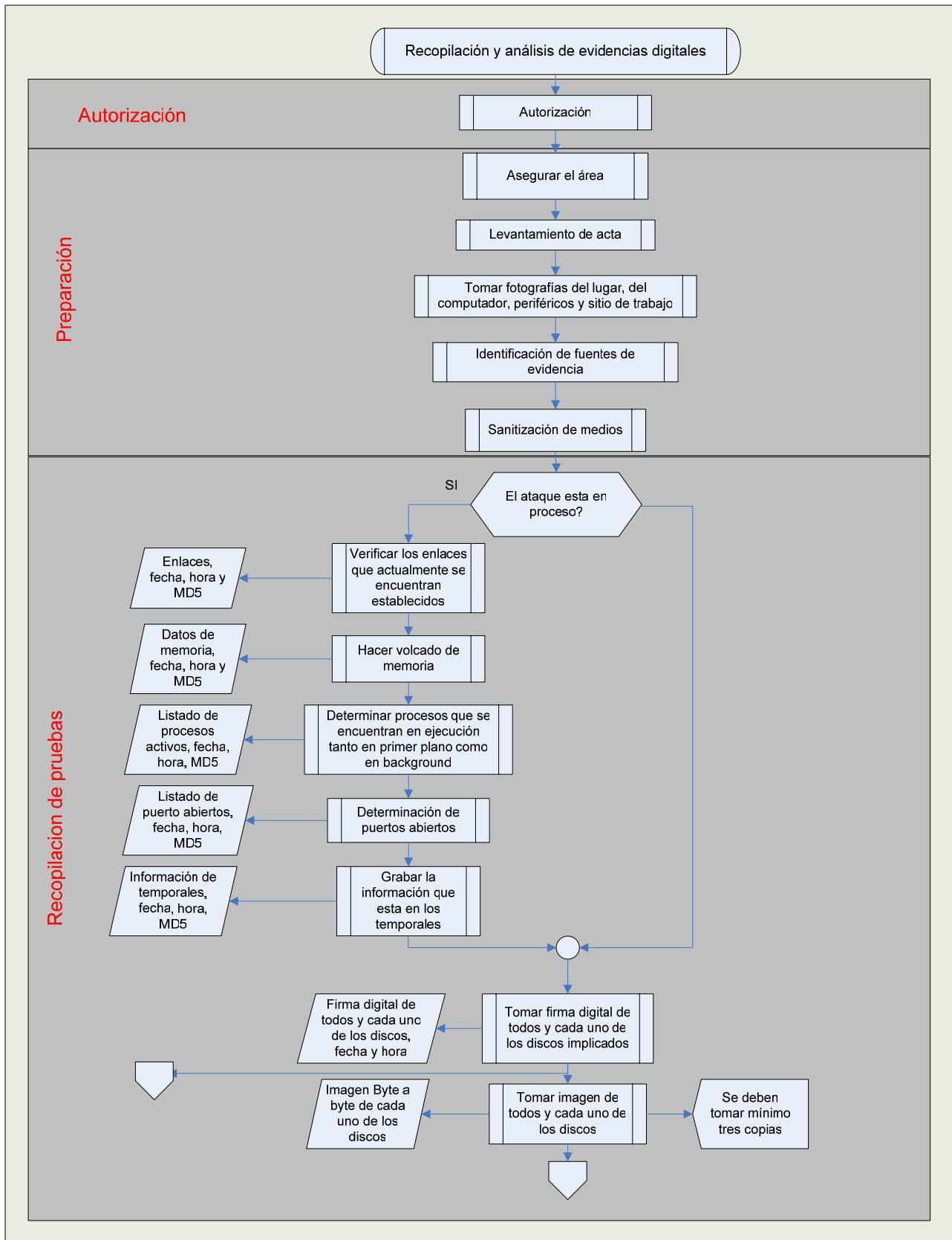
La metodología para la recolección y análisis de evidencia digital, que se logro desarrollar, esta constituida por cinco grandes etapas las cuales son: Autorización, preparación, recopilación de pruebas, análisis de información y documentación. Diagrama No.1.

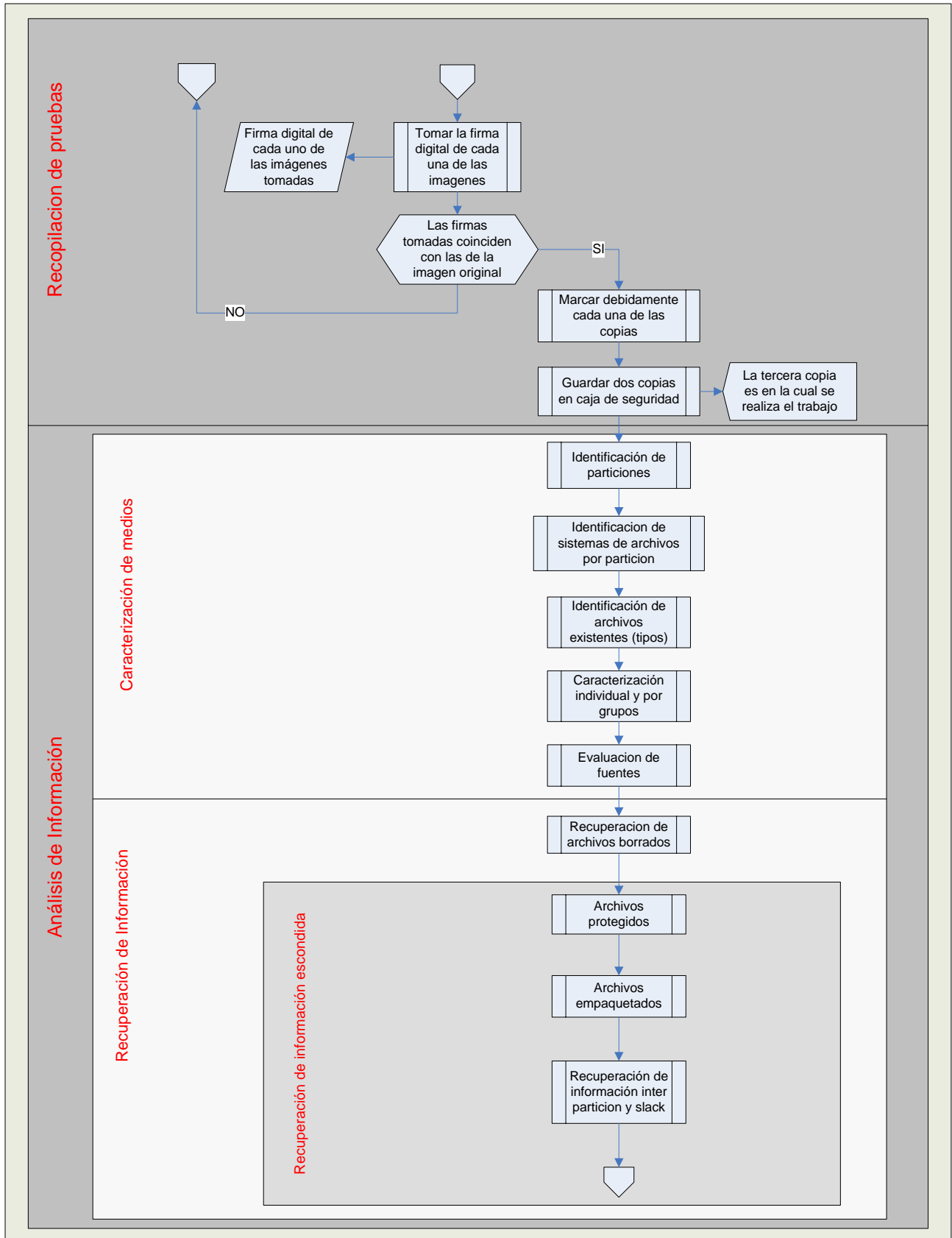
En primera instancia, se debe notar que la metodología esta montada sobre el concepto de documentación, la cual debe ser constante y durante todo el proceso. Es más, se considera que una de las herramientas principales que debe tener un investigador forense es una libreta y un lápiz, que le permita tomar atenta nota de todo lo que logra ver, oír, percibir o relacionar.

A continuación se presenta una descripción de cada una de las cinco etapas que componen la metodología.

Autorización

Es de imperiosa necesidad lograr los permisos y autorizaciones necesarias de las autoridades o instancias competentes, para proceder a realizar la investigación. El acopiar evidencias sin un permiso expreso pierde toda validez y admisibilidad en un proceso judicial. Otro problema que se puede presentar es que el usuario del equipo puede argumentar a su favor que se le esta violando su derecho a la intimidad o que se esta accediendo a datos confidenciales sin autorización.





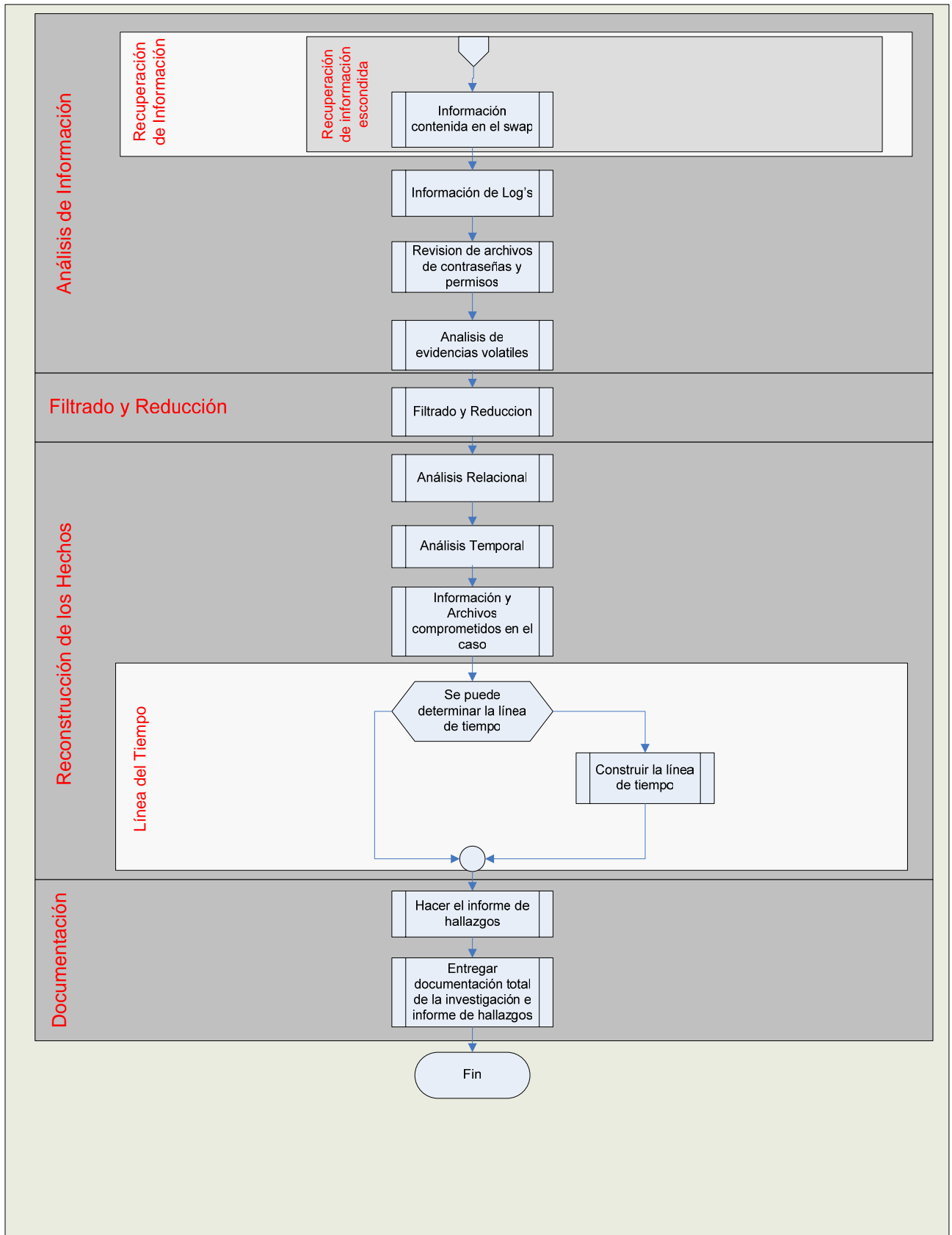


Diagrama No. 1. Representación grafica de la Metodología para la recolección y análisis de evidencias digitales

Preparación

En esta etapa se realizan las actividades iniciales que permiten abordar en forma adecuada la investigación. La primera actividad a ejecutar es el aseguramiento del área. Esto implica que a partir de ese momento nadie tocará nada de lo que se encuentra en el área y dejen todo tal y como esta. Este primer procedimiento es necesario para que no se alteren las posibles evidencias, dejadas por el agresor en la comisión del ilícito.

También hace parte de esta etapa actividades tales como el levantamiento de un acta. Dependiendo del objetivo y de la profundidad con que se vaya a desarrollar la investigación, puede ser necesario que antes de iniciar el proceso, se precise de algunos testigos idóneos que den fe de que todas las evidencias copiadas proceden de las máquinas involucradas. Igualmente, hace parte de esta etapa las actividades de toma de fotografías, identificación de fuentes de evidencias y sanitización de medios. Con la penúltima actividad se pretende que el investigador, logre determinar que elementos son susceptibles de contener evidencias; dentro de estos puede encontrar CD's, disquetes, memorias USB, Discos ZIP, asistentes personales, celulares o cualquier otro elemento.

La sanitización de medios, es una actividad netamente preventiva, que evita que los medios que se van a usar para la recopilación de pruebas y la copia de imágenes de los medios contengan información de procesos anteriores. El proceso de sanitización debe de efectuarse así los medios sean totalmente nuevos.

Recopilación de pruebas

Dependiendo del momento en el cual el investigador inicie el proceso, en esta etapa puede ser necesario tomar una decisión. Si la investigación se inicia en el momento en el que el ataque se esta sucediendo, es necesario decidir si se apaga o no el computador que esta sufriendo el ataque. Si se decide no apagar, se logra recopilar las evidencias de tipo volátil y es posible que se le haga un seguimiento al atacante y sus acciones. Pero este accionar genera algunos problemas tales como posibilitar que el atacante continúe con la comisión de sus actos; lo cual puede dar como resultado daños y pérdidas más grandes. Pero si se decide apagar el computador, se pierde la oportunidad de copiar las evidencias volátiles. Esta decisión la puede tomar el investigador, haciendo usos de su experiencia, para reconocer de forma rápida la gravedad del ataque.

De la forma en la cual se recopilen las evidencias, depende en gran medida la completitud y fiabilidad de las pruebas. Cuando se están recopilando las diferentes pruebas, no se debe olvidar la necesidad de que toda prueba recopilada tenga la siguiente información adicional: fecha, hora y firma digital. La firma digital se puede obtener a través de algoritmos tales como MD5 o SH1. Estos son elementos básicos para que una evidencia digital tenga la característica de fiabilidad.

En cuanto a las copias de los medios [4], esta debe ser tomada con herramientas que hagan copia byte a byte. Lo que se quiere obtener es una imagen fiel del medio comprometido. Con este tipo de copia no solo se logra copiar todos y cada uno de los archivos si no también la información que se encuentra en los intersecciones, en las interparticiones, en parte de los sectores no usados y la información que aun subsiste de los archivos borrados.

Análisis de información

Esta etapa es una de las más complejas; la cual, como toda investigación debe tener un objetivo bien definido, y donde se requiere que el investigador tenga un pensamiento que sea capaz de conjugar la deducción con la inducción. El investigador después de hacer un primer análisis, estable sus primeras hipótesis y teorías y luego inicia un proceso de análisis que le permita llegar a establecer dos elementos: la reconstrucción de los hechos y el establecimiento de la línea

del tiempo.

Con el fin de bajarle el nivel de complejidad a esta etapa, se dividió en cinco subetapas, las cuales son: caracterización de los medios, recuperación de información [6], filtración de información, reconstrucción de los hechos y generación de la línea de tiempo.

Se llama la atención sobre algunas actividades que pueden generar o presentar algunos inconvenientes. Cuando se examina la información de los log's, se puede presentar el hecho de que el sistema no este sincronizado a nivel de relojes. Esto hace que la información consignada en los log's no correspondan con una hora real de ocurrencia de los hechos. Por ejemplo, en una empresa los empleados de un área saben que cierto proceso se corre todos los días a las 7:00 A.M., pero en el sistema aparece que el proceso es ejecutado a las 7:00 P.M. Este cambio ya hace que la prueba no sea admisible o que sea refutada muy fácilmente.

Otro caso que se puede presentar, es que el investigador no pueda hacer la reconstrucción total de los hechos o que no pueda establecer la línea de tiempo. Esto puede suceder por que no se logro detectar todas las evidencias, por que no se efectuó de forma apropiada la recolección de la evidencia, porque cuando se efectuó el proceso ya había pasado mucho tiempo y la mayoría de evidencias ya habían desaparecido o por que el atacante durante el ataque utilizó herramientas antiforenses que eliminaron las evidencias [11].

Documentación

Como se comento en un párrafo anterior, esta metodología esta cimentada sobre el proceso de documentación. En esta etapa de la metodología lo que se busca es poder escribir el informe de acuerdo a quien vaya dirigido. Este informe debe ser lo mas claro y completo posible. No se debe de omitir ninguna información. Su redacción no debe ser ambigua ni prestarse para interpretaciones erróneas, ya que esto permitirá que la defensa le de un giro al proceso. Todo lo consignado en el informe debe poderse probar y esta prueba debe poderse repetir en el momento que sea necesario.

4. CONCLUSIONES

Las siguientes son las principales conclusiones que se establecen del anterior trabajo:

- Cualquier metodología que se acoja para desarrollar un proceso de computación forense debe estar enmarcada bajo los parámetros de la legislación del país donde se va aplicar, de no ser así se debe adecuar la que mas se acerque a las necesidades de la investigación.
- El resultado del análisis de las evidencias digitales depende en amplia medida de la experiencia del investigador.
- Para lograr una mayor efectividad en los procesos de análisis forense digital, los sistemas deben de estar sincronizados, de otra forma las evidencias serán fácilmente rebatidas pro cualquier abogado defensor
- El uso de herramientas antiforenses, es cada día más común, por parte de los atacantes a sistemas computacionales; lo cual dificulta o imposibilita la labor del investigador forense.

REFERENCIAS

1. Cano, Jeimy. Computación Forense. Un reto técnico – legal para el próximo milenio. Conferencia presentada en el marco del I congreso Internacional de Ingeniería de Sistemas y Ciencias de la Computación. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Colombia. Nov. 2000. <http://www.criptored.upm.es/paginas/docencia.htm>
2. Carrier, Brian. File System Forensic Analysis. United States: Pearson Education, Inc. 2005, pp 5–13.

3. Casey, Eoghan. Digital Evidence and Computer Crime. Forensic Science, Computers and the Internet. Second Edition. Great Britain.: Elsevier – Academia Press. 2004, p. 8.
4. Garfinkel, S.L. AFF: New format for storing hard drive images. Communications of the ACM. Vol.49, No. 2 (February 2006), pp 85-87. <http://www.acm.org>
5. Hannan, Mathew. To revisit: What is forensic computing?. University of South Australia. 2004. <http://scissec.scis.ecu.edu.au/publications/forensics04/Hannan.pdf>
6. Marcella, A.J. y Greenfield, R.S. Caber Forensics. A field manual for collecting, examining, and preserving evidence of computer crimes. United States of America: CRC press LLC. 2002. pp 19 –77-
7. Mckemmish, Rodney. What is forensic computing?. Australian Institute of Criminology. Trends & Issues in crime and criminal justice. No. 118. Junio de 1999. Tomado de <http://www.aic.gov.au/publications/tandi/ti118.pdf>
8. Ramírez, Román. El principio de Intercambio V 2.0. Chase The Sun. Septiembre de 2004. Este documento fue tomado de la página Web www.chasesun.es.
9. U.S Department of Justice. Office of justice program. National Institute of justice. Electronic crime scene investigation. A guide for first responder. NCJ 187736. July 2001. <http://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/187736.pdf>
10. www.forensics-intl.com/evidguid.html
11. www.cert.org/stats/cert_stats.html

SERVICIOS E INGENIERÍA WEB

Construcción de Servicios Web para el Sistema de Información Ambiental de Colombia

Vicente A. Peña Bohórquez

IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología
y Estudios Ambientales, Bogotá, Colombia,
vicenp@ideam.gov.co

Víctor Hugo Medina García

Universidad Distrital Francisco José de Caldas,
Facultad de Ingeniería, Bogotá, Colombia,
vmedina@udistrital.edu.co

ABSTRACT

Web services are a changing technology, that has allowed information exchange between multiplatform computed distributed systems, thanks to standard protocols XML and HTTP. Information systems Construction based in Web services is similar to the process of software building. Development of modular components able to communicate to each other is necessary, for the fulfillment of specific functionalities. MDA and SOA architectures for the Web services construction, allow to obtain quality attributes through components safe, reliable, easy to use, accessible, with high performance, that are required to implement in the Colombia's Environmental Information System, for technical-scientist knowledge diffusion generated by organizations to national order, which conform this system, for to take oportune decisions that guarantee the sustainable handling of biophysics resources from the country.

Keywords: Web Service, MDA, SOA, Environmental Information System, XML, SOAP, Quality, Metamodel, UML, Geodatabase, Objects Catalogue.

RESUMEN

Los *servicios Web* son una tecnología evolucionante que ha permitido el intercambio de información entre sistemas de cómputo distribuidos multiplataforma, gracias a protocolos estándares XML y HTTP. La construcción de sistemas de información basados en servicios Web se asemeja al proceso de construcción de software. Es necesario el desarrollo de componentes modulares capaces de comunicarse entre sí, para el cumplimiento de funcionalidades específicas. Las arquitecturas MDA y SOA de construcción de servicios Web permiten obtener atributos de calidad a través de componentes seguros, confiables, usables, accesibles, de alto desempeño, que se requieren implementar en el Sistema de Información Ambiental de Colombia para la difusión del conocimiento técnico-científico generado por las entidades del orden nacional que conforman dicho sistema, para la toma oportuna de decisiones que garanticen el manejo sostenible de los recursos biofísicos del país.

Palabras clave: Servicio Web, MDA, SOA, Sistema de Información Ambiental, XML, SOAP, Calidad, Metamodelo, UML, Geodatabase, Catálogo de Objetos.

1. INTRODUCCIÓN

La globalización impulsada por el rápido desarrollo de Internet y las nuevas tecnologías, ha impuesto nuevos retos a las entidades del sector público y privado a nivel mundial. No basta con tener grandes volúmenes de datos almacenados en un ordenador o en una biblioteca. Se requiere la difusión de dicha información de manera sistemática, articulada y eficiente, para que el conocimiento se convierta en un elemento que sirva, no solamente para responder al entendimiento de la realidad y su entorno, sino también y fundamentalmente, para que se convierta en motor de desarrollo y en factor dinamizador del cambio social.

El Sistema de Información Ambiental de Colombia agrupa a todas las entidades del estado que directa o indirectamente, producen, manejan o utilizan información ambiental, para el desarrollo de políticas ambientales en beneficio de toda la sociedad. Para alcanzar estos objetivos se requiere de una cultura que valore la importancia de la información ambiental y su manejo adecuado, así como el aporte permanente de información estadística, sintáctica, semántica y pragmática por parte de los integrantes [1].

Este documento está centrado en las arquitecturas MDA y SOA aplicadas al diseño y desarrollo de servicios Web, como artefactos software, y su aplicación al Sistema de Información Ambiental de Colombia. Los servicios Web constituyen una tecnología reciente, que ha facilitado el intercambio de información entre aplicaciones y componentes de diversos fabricantes. Este ha sido un factor clave para el *fortalecimiento de la Sociedad del Conocimiento*, debido a que hace poco tiempo era prácticamente imposible compartir información entre aplicaciones construidas en distintos lenguajes de programación y aún en lenguajes similares pero con versiones diferentes.

2. CONCEPTOS BASICOS

Según el World Wide Web Consortium (W3C), "*Un servicio Web es un sistema software identificado por una URL cuyas interfaces públicas y enlaces son definidos y descritos usando XML. Esta definición puede ser descubierta por otros sistemas software. Estos sistemas pueden entonces interactuar con el servicio Web de una manera prescrita por su definición, usando los mensajes basados en XML transportados por los protocolos de Internet.*"

Una de las ventajas principales de la arquitectura de servicios Web XML es que permite a los programas escritos en diferentes lenguajes sobre diferentes plataformas comunicarse entre sí de un modo basado en estándares.

La otra ventaja significativa que tienen los servicios Web XML sobre anteriores iniciativas es que trabajan con protocolos Web estándares: XML, HTTP y TCP/IP.

Los servicios Web pueden estar compuestos de otros servicios para integrarse con nuevas aplicaciones. Los siguientes son componentes básicos de un servicio Web [2]:

Servicio: Aplicación que se ofrece para ser utilizada por usuarios que cumplen los requisitos especificados por el proveedor del servicio Web. La implementación se programa sobre un entorno informático accesible a través de la red.

Proveedor de Servicio: La entidad que presta el servicio comercial y desde el punto de vista de arquitectura, es la plataforma que provee los servicios Web a los clientes dispuestos a suscribirse y utilizarlos.

Registro de Servicios: Es un repositorio de detalles y descripciones de servicios que puede ser consultado para obtener datos acerca de cualquier servicio activo en la plataforma. En el repositorio los proveedores publican sus servicios y los solicitantes encuentran los servicios y detalles para utilizar los servicios.

Cliente de Servicios: Desde el punto de vista comercial, la empresa que requiere el uso de un servicio web. Desde el punto de vista de la arquitectura informática, la aplicación o cliente que busca e intenta ejecutar el servicio.

Los requerimientos a la hora de desarrollar o consumir un servicio Web son:

- Una forma estándar de representar los datos: XML
- Un formato común y extensible de mensaje: SOAP
- Un lenguaje común y extensible para describir los servicios: WSDL (basado en XML).
- Una forma de descubrir los servicios en Internet: UDDI (basado en XML).

3. TECNOLOGÍAS DE LOS SERVICIOS WEB

La arquitectura de servicios Web (WSA) involucra varias tecnologías interrelacionadas. Dentro de la WSA hay tres conceptos básicos que son: descubrir, describir e invocar (Figura 1).

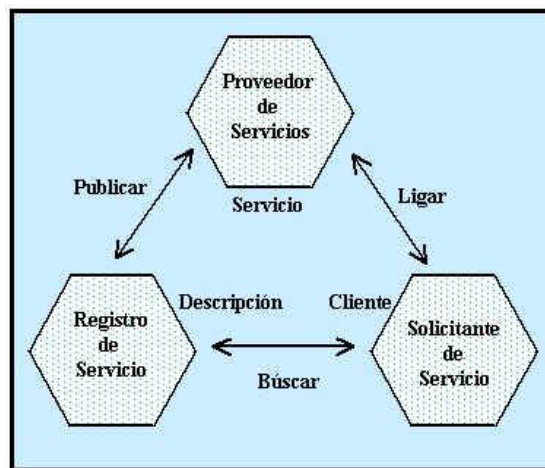


Figura 1. Arquitectura Funcional de los Servicios Web.
Fuente: López O. [3]

Para realizar estas operaciones debe existir una estructura de servicios Web que enlace los estándares en cada nivel. En la figura 2, las capas superiores se construyen sobre las capacidades de las capas más bajas.

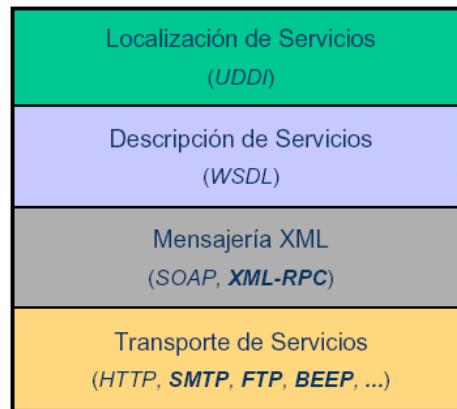


Figura 2. Arquitectura de Protocolo de los Servicios Web.
Fuente: López O. [3]

En la figura anterior se puede apreciar que XML y SOAP son la base tecnológica de la arquitectura de los servicios Web.

SOAP (Simple Object Access Protocol) es un protocolo de mensajes entre computadoras. SOAP especifica el formato de mensaje que accede e invoca a los objetos, mas que un objeto en particular.

Arquitectura de los Servicios Web

Según el W3C, la arquitectura de servicios Web (WSA) proporciona un modelo y un contexto para comprender los servicios Web y las relaciones entre las diferentes especificaciones y tecnologías que comprenden la WSA. El concepto de arquitectura de servicios Web es un concepto muy amplio que se podría subdividir en otras arquitecturas a su vez [4]. En este trabajo se tendrán en cuenta las arquitecturas SOA y MDA.

Arquitectura Orientada a Servicios (SOA)

Una arquitectura orientada a servicios (SOA) es un conjunto de herramientas, tecnologías, estructuras, y buenas prácticas que permiten la implementación rápida y fácil de servicios. SOA es una evolución de la llamada computación distribuida, basada en el paradigma de pregunta/respuesta para aplicaciones sincrónicas y asincrónicas. En ella la lógica de negocios o las funciones individuales son modularizadas y presentadas como servicios para aplicaciones consumidoras/clientes. Lo que es clave de estos servicios es su naturaleza desacoplada; la interfaz de servicios es independiente de la implementación. Desarrolladores de aplicaciones o integradores de sistemas pueden construir aplicaciones por la vía de componer uno o más servicios sin conocer los detalles de implementación de los mismos. Por ejemplo, un servicio puede ser implementado tanto en .Net como en J2EE, y la aplicación que consume el servicio incluso puede estar en una plataforma y lenguajes diferentes a estos dos [5].

Arquitectura Dirigida por Modelos (MDA)

En el año 2001 el Object Management Group (OMG) estableció MDA como una iniciativa orientada a lograr mayor interoperatividad y adaptabilidad de los sistemas ante nuevas aplicaciones. MDA representa un nuevo paradigma de desarrollo de software en el que los modelos guían todo el proceso de desarrollo. El ciclo de vida del desarrollo MDA mostrado en la figura 3 refleja gran similitud con el ciclo de vida tradicional del desarrollo de software. Una de las principales diferencias es la naturaleza de los artefactos que son creados durante el

proceso de desarrollo. Los artefactos son modelos formales que pueden ser entendidos por los computadores. Los siguientes modelos son el núcleo de MDA [6].

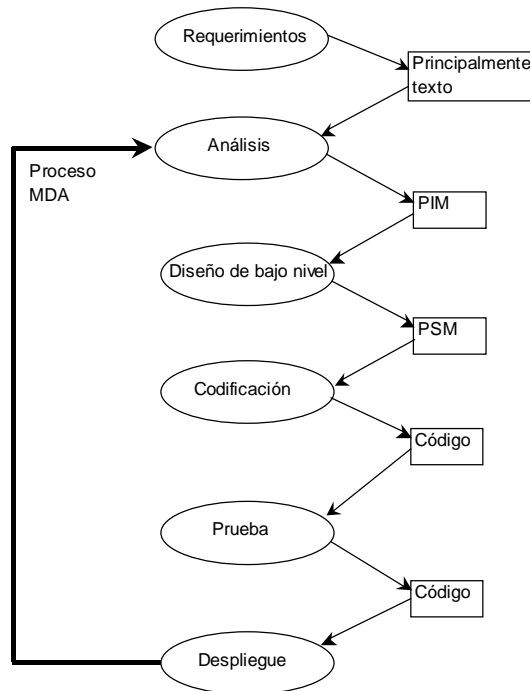


Figura 3. Ciclo de Vida MDA de Desarrollo de Software.

Fuente: Adaptación de Kleppe A. et. al (2004) [6]

Modelo Independiente de la Plataforma: El primer modelo que define MDA es el PIM (Modelo Independiente de Plataforma), el cual es un modelo con un alto nivel de abstracción que es independiente de cualquier tecnología de implementación. Un PIM describe un sistema software que soporta algún negocio. Dentro de un PIM, el sistema es modelado desde el punto de vista de cómo soporta mejor el negocio.

Modelo Específico de plataforma: En el siguiente paso, el PIM es transformado en uno o más Modelos Específicos de plataforma (PSMs). Un PSM es un modelo de más bajo nivel que el PIM que describe el sistema de acuerdo con una tecnología de implementación determinada. Por ejemplo, un PSM EJB es un modelo del sistema en términos de estructuras EJB.

Código: El paso final en el desarrollo es la transformación de cada PSM a código. Debido a que un PSM se ajusta a su tecnología, esta transformación es relativamente directa.

MDA define el PIM, PSM y el código, y también define como se relacionan entre sí. La fase más compleja de MDA es la transformación de un PIM a uno o varios PSMs [6].

El metamodelado es un mecanismo que permite definir formalmente lenguajes de modelado. Básicamente se trata de usar modelos para describir otros modelos. Por ejemplo, el metamodelo de UML define los conceptos y reglas que se necesitan para crear modelos UML [7].

El uso de metamodelos en MDA es importante por dos razones. En primer lugar, se necesita de un mecanismo para definir lenguajes de modelado, de tal manera que su definición no sea ambigua. Una herramienta de transformación puede entonces leer, escribir y entender los modelos.

En segundo lugar, las reglas de transformación que constituyen una definición de transformación describen como un modelo en lenguaje fuente puede ser transformado en un modelo en otro lenguaje. Estas reglas usan los metamodelos para definir las transformaciones.

EL Lenguaje de Modelado Unificado (UML) proporciona un medio para crear diseños que son lo suficientemente precisos para manejar generadores de código y aún abstrae lo suficiente para permanecer independiente de la tecnología. UML es un estándar ampliamente aceptado manejado por OMG (Object Management Group). Es adecuado para capturar y expresar la esencia de información y servicios, y es la base de MDA (Model-Driven Architecture).

4. PROPUESTA DE CONSTRUCCIÓN DE SERVICIOS WEB, PARA EL SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL DE COLOMBIA (SIAC)

Descripción del Escenario

Para el cumplimiento de su misión institucional, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), se encuentra en proceso de articulación de sus sistemas de información con todas las entidades que conforman el sector ambiental del país. Este proceso busca que se mejoren los mecanismos de intercambio de información para evitar duplicidad de esfuerzos en la generación de datos fundamentales como cartografía base, mapas temáticos de vegetación, uso del suelo, hidrología, geomorfología y geología, entre otros, que se producen al interior de cada entidad.

Con este fin, se propondrá el desarrollo de servicios Web, los cuales son una posibilidad de implementación a corto plazo, que permitirán subsanar los inconvenientes de intercambio de información, con la ventaja de que se pueden desarrollar componentes modulares, aprovechando arquitecturas y metodologías de diseño como SOA y MDA, que cuentan con un gran número de herramientas disponibles en el mercado.

Requisitos

A grandes rasgos, el modelo propuesto debe dar soporte a los siguientes procedimientos:

- Procedimientos de consulta de metadatos, en los cuales un funcionario o ciudadano común accede al catálogo de información georeferenciada, para consultar el estado y disponibilidad de esa información.
- Procedimientos de actualización de datos, en los cuales un funcionario incorpora o modifica información del catálogo de información existente en su entidad.
- Procedimientos de interconsulta, en los cuales una aplicación consulta datos de otra aplicación, pertenezca esta a una entidad o a otra.
- Facilidad de uso. Para ello, la aplicación debe ser completamente autónoma, lejos de complejos sistemas de información, que en la mayoría de los casos son entendidos por pocos funcionarios.
- Procedimientos de compra y venta de información, en los cuales una entidad o ciudadano particular pueden comprar y vender información espacial georeferenciada.

Propuesta de Arquitectura

El sistema a modelar tendrá que proporcionar un servicio integrado de información espacial para el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIA), coordinado a través del portal del IDEAM (www.ideam.gov.co), por medio de un acoplamiento de soluciones individuales que están presentes en los sitios de cada una de las entidades que

conforman el sistema. Cada sitio tiene que alojar su información espacial a través de una Geodatabase (GDB), el cual es un modelo que permite el almacenamiento físico de la información geográfica en un Sistema Gestor de Base de Datos.

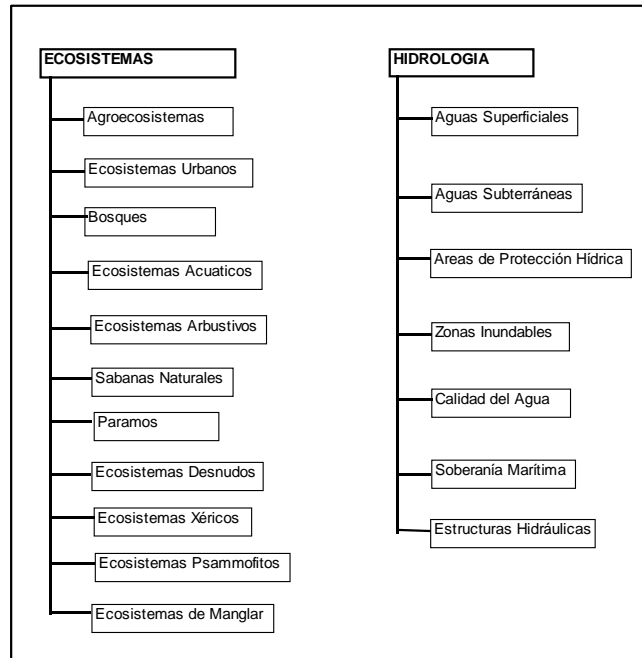


Figura 4. Catálogo de Objetos Fundamentales del Sistema de Información Nacional Ambiental de Colombia.
Fuente: Elaboración propia

La GDB contiene clases entidad y tablas. Las clases entidad pueden ser organizadas en un conjunto de datos de entidad y existen de forma independiente en la GDB. Entre otras, las ventajas que proporciona una GDB son: administración centralizada de datos SIG; geometría de elementos avanzados, subtipo de elementos, elementos con anotaciones, elementos personalizados, Versionamiento, Soporte UML y CASE.

Para la definición de la arquitectura del sistema de información ambiental, es necesario partir del catálogo de objetos fundamentales de información, el cual está conformado por un conjunto de datos geográficos de cobertura nacional que se consideran importantes para el cumplimiento de la misión institucional de cada entidad que conforma el SIA (ver Figura 4).

Diagrama de Clases

A partir del catálogo de objetos, definido por el IDEAM, se establecieron los diagramas de clases para los diferentes submódulos de información que se manejan en el instituto: Hidrología, Ecosistemas, Meteorología y Estudios Ambientales. La figura 5, ilustra el diagrama de clases para aguas superficiales, que se elaboró empleando la herramienta de modelado UML Microsoft Visio, la cual es compatible con el software ArcGis de ESRI®, para la generación y manipulación de la información espacial, y será parte integrante del PIM de la aplicación que se quiere construir.

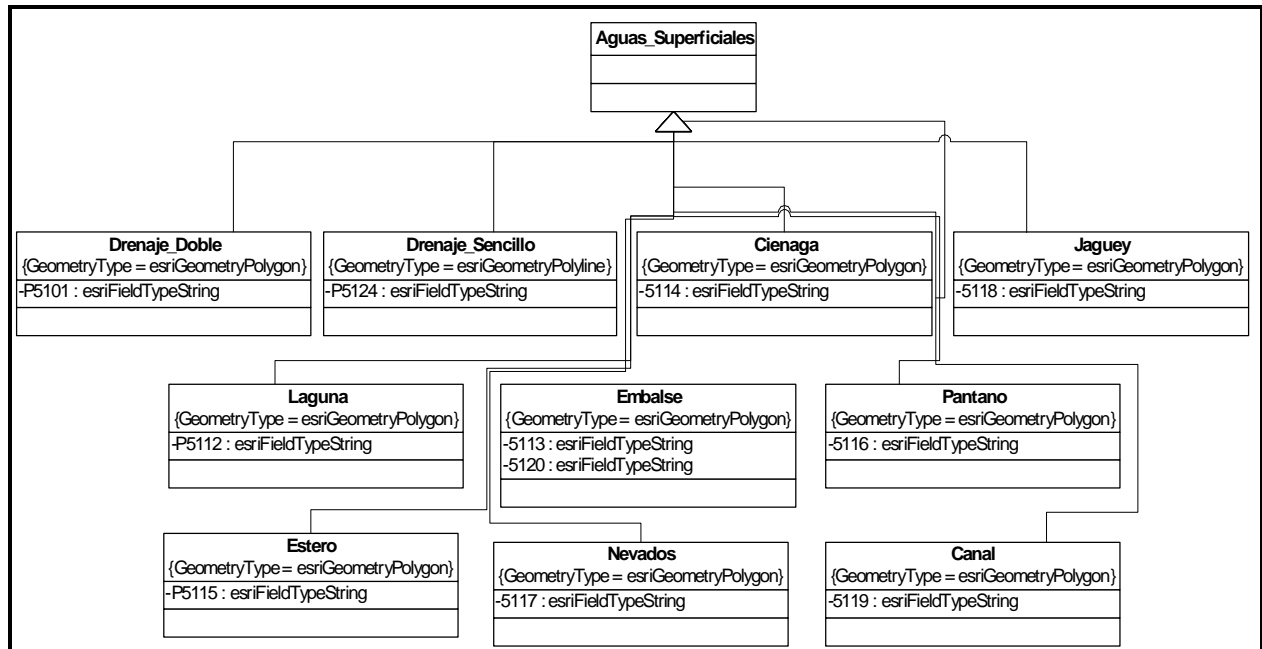


Figura 5. Diagrama de Clases Aguas Superficiales.
Fuente: Elaboración propia

Exportar el Modelo: El repositorio soporta el almacenamiento de un gran volumen de información relacionado con el desarrollo de software que incluye los modelos creados con UML. Una vez generado el modelo este es exportado a través de la interfaz gráfica de Microsoft Visio.

Se escoge la conexión al repositorio con una extensión de Access MDB (Jet Repository) y se asigna un nombre y una ubicación. El modelo incluye los objetos e interfaces de los paquetes ESRI. Las tablas exportadas de pueden desplegar y manipular en cualquier motor de base de datos relacional DBMS, aprovechando las características de ODBC.

Diseño de Aplicaciones: En el diseño de las aplicaciones de captura, consulta y edición de la información, se usan las potencialidades y facilidades que ofrecen las herramientas de ArcGis y con las cuales cuenta el IDEAM.

Aplicaciones de Consulta: Para el despliegue y consulta de la información geográfica, en Internet, se recomienda el uso de ArcIMS, el cual es un servidor de aplicaciones integrado. Este servidor se enmarca, dentro de una arquitectura multicapa en la que se integran los datos, el servidor de aplicaciones, el servidor WEB y los clientes (Figura 6).

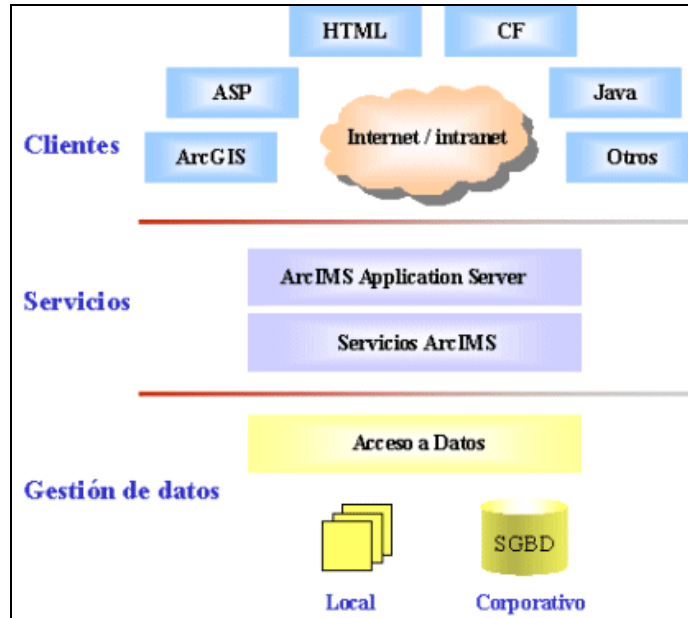


Figura 6. Arquitectura Multicapa ArcIMS.
Fuente: Página Web Esri - España (2005) [8]

Dentro de sus características, ArcIMS permite entre otras, la comunicación entre los distintos componentes a través de ArcXML, lenguaje basado en XML estándar.

5. CONCLUSIONES

Los sistemas de información constituyen una valiosa herramienta para la difusión del conocimiento generado por cualquier organización pública o privada. En el caso concreto de las entidades que conforman el Sistema de Información Ambiental de Colombia, es necesario partir de unos estándares básicos para el procesamiento y divulgación de la información generada a partir de servicios Web, de tal forma que se puedan aprovechar al máximo los recursos aportados por las nuevas tecnologías que existen en el mercado.

El proceso de construcción de servicios Web es casi tan complejo como la construcción de un software, ya que implica análisis, diseño, codificación, prueba y puesta en funcionamiento. La implementación de atributos de calidad de los servicios Web como seguridad, adaptabilidad, rendimiento, entre otros, está condicionada a la arquitectura del sistema que se va a construir, a las reglas del negocio y al volumen de información que van a procesar esos servicios.

REFERENCIAS

1. IDEAM, 1994. Informe de gestión. Bogotá. Colombia
2. Sarkisov, E. 2003 “Análisis Web Services (WS) Segunda Parte”.

<http://www.activalink.net/index.php/An%E1lisis%20Web%20Services>

3. **López O. 2003 “Estudio e implementación de Web Services”, 2003. Informe de Proyecto de Grado.**
4. **García, I. et. al. 2005 “Servicios Web”. Informe Técnico, Universidad de Castilla-La Mancha, España**
5. **Kodali, R. 2005 “What is Service Oriented Architecture? An Introduction to SOA”.**
<http://www.javaworld.com/javaworld/jw-06-2005/jw-0613-soa.html>
<http://www.javahispano.org/tutorials.type.action?type=j2ee>
6. **Kleppe A. et. al. 2004 “MDA Explained The Model Driven Architecture: Practice and Promise”. Addison Wesley, Boston USA.**
7. **Rodríguez V. 2004 “Ingeniería de Modelos con MDA, estudio comparativo de Optimal J y ArcStyler “, España- Universidad de Murcia-facultad de Informática.**
8. **Web Esri. 2005. España. www.esri.es**

Servicio Web Semántico aplicado a los Modelos Digitales de Terreno

Amparo Olaya Benavides

Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”, Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones
Bogota, Colombia
aolayab@ucentral.edu.co

José N. Pérez Castillo

Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”, Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones
Bogota, Colombia
nelsonp@udistrital.edu.co

ABSTRACT

This paper presents a proposal to the semantic interoperability problems regarding the digital models of terrain. The purpose of this thematic is define a model of semantic Web service to provide the principles of decentralization, sharing, compatibility and accessibility based in understanding in all parts that intervene in the construction and exploration of the service.

It is necessary to define standards applied to semantic Web services domain, in the particular case of Digital Terrain Models we adopted the propose of Open GIS Consortium (OGC) Web Terrain Server (WTS) standard [13].

Keywords: **Semantic Web, Ontology, Web services, interoperability, digital terrain model.**

RESUMEN

Este artículo presenta una propuesta a los problemas de interoperabilidad semántica en lo referente a los modelos digitales de terreno. El trabajo enmarcado sobre esta temática tiene como propósito la definición de un modelo de servicio Web semántico en aras de proporcionar los principios de descentralización, compartición, compatibilidad y facilidad de acceso sobre la base de un entendimiento entre las partes que intervienen en la construcción y exploración del servicio como tal.

En el desarrollo de los servicios Web semánticos es necesario definir estándares sobre el dominio de trabajo, para el caso particular de los Modelos Digitales de terreno se trabajara con la propuesta formulada por el Open GIS Consortium (OGC) en su estándar Web Terrain Server (WTS) [13].

Palabras claves: **Web semántica, ontología, servicios Web, interoperabilidad, modelos digitales de terreno.**

1. INTRODUCCION

Desde el mismo momento en el que empezó a desarrollarse la propuesta de la World Wide Web, se pensó en una red de recursos que nos permitiera programar agentes que navegaran a través de diversos sitios pudiendo obtener la información que se necesitara sin tener que indicarle de donde obtenerla o que significado debe tener cada recurso, transformando finalmente esta información a un formato que sea fácilmente entendible por todos. Esta red, que aún se encuentra en fase de desarrollo, es lo que se conoce como Web Semántica.

En el ámbito de los datos geoespaciales esta idea constituye una excelente alternativa a los problemas de interoperabilidad semántica por cuanto cada entidad es autónoma e independiente en el momento del levantamiento, construcción y manipulación de la información; siendo este, un obstáculo en lo referente al intercambio de información y por ende la reutilización de la misma.

A éste respecto el Open Gis Consortium (OGC), cuyo primer proyecto comprende el desarrollar una especificación de interoperabilidad de geodatos abiertos (OGIS); desde el año 2001 ha publicado propuestas referentes a la interoperabilidad sobre representaciones de terreno en 2D y 3D; con el propósito de tratar de formular estándares que de alguna manera solventen los problemas de intercambio de información. Partiendo de ésta propuesta se realizará la formulación de los Metadatos.

Al hablar de información georeferenciada se hace alusión a un Universo de datos, y poder atacar todos los conceptos es una idea ambiciosa, por esta razón es necesario atacar el problema desde alguno de sus simientes fundamentales, es aquí donde entramos a hablar de los modelos digitales de terreno, definidos como una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua que describe la distribución espacial de una característica del territorio.

Finalmente, lo que se propone es realizar una aproximación en el ámbito de la Web semántica aplicada a los modelos digitales de terreno con el propósito de interoperabilidad semántica a partir de servicios Web en aras de saltar la brecha de heterogeneidad de plataformas, formatos y estándares sobre las cuales este definida la información.

2. SERVICIOS WEB

Desde hace ya varios años atrás se ha venido trabajando sobre los servicios web, por lo cual han aparecido múltiples definiciones para ellos, lo que muestra su complejidad a la hora de dar una adecuada definición que englobe todo lo que son e implican. Una aproximación de su definición sería hablar de ellos como un conjunto de aplicaciones o de tecnologías con capacidad para interoperar en la Web. Estas aplicaciones o tecnologías intercambian datos entre sí con el objetivo de ofrecer unos servicios. Los proveedores ofrecen sus servicios como procedimientos remotos y los usuarios solicitan un servicio llamando a estos procedimientos a través de la Web.

Los servicios Web proporcionan mecanismos de comunicación estándares entre diferentes aplicaciones que interactúan entre sí para presentar información dinámica al usuario y a su vez proporcionar interoperabilidad y extensibilidad entre estas aplicaciones, al mismo tiempo posibilitan la combinación entre ellos para realizar operaciones complejas.

Dentro de sus ventajas que proporcionan los servicios Web podemos mencionar:

- Aportan interoperabilidad entre aplicaciones de software independientemente de sus propiedades o de las plataformas sobre las que se instalen.
- Los servicios Web fomentan los estándares y protocolos basados en texto, que hacen más fácil acceder a su contenido y entender su funcionamiento.
- Al apoyarse en HTTP, los servicios Web pueden aprovecharse de los sistemas de seguridad *firewall* sin necesidad de cambiar las reglas de filtrado.

- Permiten que servicios y software de diferentes compañías ubicadas en diferentes lugares geográficos puedan ser combinados fácilmente para proveer servicios integrados.
- Permiten la interoperabilidad entre plataformas de distintos fabricantes por medio de protocolos estándar.

3. WEB SEMANTICA

La Web semántica propone superar las limitaciones de la Web actual mediante la introducción de descripciones explícitas del significado, la estructura interna y la estructura global de los contenidos y servicios disponibles en la WWW. Frente a la semántica implícita, el crecimiento caótico de recursos, y la ausencia de una organización clara de la Web actual, la Web semántica aboga por clasificar, dotar de estructura y anotar los recursos con semántica explícita procesable por máquinas. Actualmente la Web se asemeja a un grafo formado por nodos del mismo tipo, y arcos (hiperenlaces) igualmente indiferenciados.

La Web semántica mantiene los principios que han hecho un éxito de la Web actual, como son los principios de descentralización, compartición, compatibilidad, máxima facilidad de acceso y contribución, o la apertura al crecimiento y uso no previstos de antemano. En este contexto un problema clave es alcanzar un entendimiento entre las partes que han de intervenir en la construcción y explotación de la Web: usuarios, desarrolladores y programas de muy diverso perfil. La Web semántica rescata la noción de ontología del campo de la Inteligencia Artificial como vehículo para cumplir este objetivo.

Gruber [6] define ontología como “a formal explicit specification of a shared conceptualization”. Una ontología es una jerarquía de conceptos con atributos y relaciones, que define una terminología consensuada para definir redes semánticas de unidades de información interrelacionadas. Una ontología proporciona un vocabulario de clases y relaciones para describir un dominio, poniendo el acento en la compartición del conocimiento y el consenso en la representación de éste. La idea es que la Web semántica esté formada (al menos en parte) por una red de nodos tipificados e interconectados mediante clases y relaciones definidas por una ontología compartida por sus distintos autores.

La Web no solamente proporciona acceso a contenidos sino que también ofrece interacción y servicios. Los servicios Web semánticos son una línea importante de la Web semántica, que propone describir no sólo información sino definir ontologías de funcionalidad y procedimientos para describir servicios Web: sus entradas y salidas, las condiciones necesarias para que se puedan ejecutar, los efectos que producen, o los pasos a seguir cuando se trata de un servicio compuesto. Estas descripciones procesables por máquinas permitirían automatizar el descubrimiento, la composición, y la ejecución de servicios, así como la comunicación entre unos y otros.

3.1 Tecnologías para la Web Semántica

La tecnología que se ha creado para hacer posible la Web semántica incluye lenguajes para la representación de ontologías, parsers, lenguajes de consulta, entornos de desarrollo, módulos de gestión (almacenamiento, acceso, actualización) de ontologías, módulos de visualización, conversión de ontologías, y otras herramientas y librerías.

XML representa una primera aproximación a la Web semántica, y aunque no está expresamente pensado para definir ontologías, es el estándar más extendido hoy día en las aplicaciones de la línea de la Web semántica. XML permite estructurar datos y documentos en forma de árboles de etiquetas con atributos. Con XML Schema19 (XMLS) se pueden acordar de antemano las estructuras que se van a utilizar, así como manejar tipos de datos primitivos y derivados. Con el estándar XSLT20 se pueden definir plantillas asociadas a las estructuras XML, que describen cómo generar código HTML para visualizar los contenidos en un navegador. Parsers como DOM21 permiten moverse por las estructuras XML desde un programa Java o C++, y existen multitud de herramientas para facilitar la compatibilidad de XML con bases de datos, JavaBeans, entre otros.

Con RDF Schema (RDFS) se pueden definir jerarquías de clases de recursos, especificando las propiedades y relaciones que se admiten entre ellas. En RDF las clases, relaciones, y las propias sentencias son también recursos, y por lo tanto se pueden examinar y recorrer como parte del grafo, o incluso acertar sentencias sobre ellas. Se han definido diferentes formas sintácticas para la formulación escrita de RDF, pero quizás la más extendida es la basada en XML. Es por ello que RDF se presenta a menudo como una extensión de XML.

A RDF le siguieron OIL (Ontology Inference Language), desarrollado en Europa, y DAML (DARPA Agent Markup Language), en EE.UU., dos lenguajes muy similares que de hecho se terminaron fundiendo en DAML+OIL. A partir de esta unión se definió el lenguaje OWL (Web Ontology Language), con el propósito de reunir todas las ventajas de DAML+OIL y resolver los problemas de este lenguaje. OWL se puede formular en RDF, por lo que se suele considerar una extensión de éste. OWL incluye toda la capacidad expresiva de RDF(S) y la extiende con la posibilidad de utilizar expresiones lógicas. Además OWL permite atribuir ciertas propiedades a las relaciones, como cardinalidad, simetría, transitividad, o relaciones inversas.

Por lo que respecta a los servicios web, entre los estándares ya asentados, basados en XML, podemos citar el lenguaje WSDL (Web Service Description Language) para la descripción de servicios; el protocolo SOAP (Simple Object Access Protocol) para el intercambio de mensajes entre servicios; y el sistema de directorio UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) para localizar servicios dinámicamente. BPEL4WS (Business Process Execution Language for Web Services), desarrollado por IBM, añade a WSDL descripciones para coordinar el flujo de operaciones en procesos de negocios y transacciones; y finalmente OWL-S propone una ontología para la descripción de la semántica de servicios

4. SERVICIOS WEB SEMANTICOS

Aunque los Servicios Web tradicionales han permitido la comunicación entre diferentes plataformas y sistemas operativos, carecen de contenido semántico. Indican qué estructuras de datos se intercambian entre los clientes y los proveedores de los servicios sin indicar su significado (semántica). Si asumimos que las ontologías permiten la descripción semántica de ciertos dominios del conocimiento, la incorporación de ontologías del dominio de los servicios a los Servicios Web da lugar a los Servicios Web Semánticos.

Dotar de semántica a los Servicios Web permitirá un aumento del dinamismo de los mismos, aspecto este del que siempre adolecieron los Servicios Web tradicionales. Por ejemplo, la composición dinámica de servicios, o el propio descubrimiento de los mismos, siempre han sido problemas difíciles para los Servicios Web tradicionales y han requerido de la intervención de humanos. El paradigma de los Servicios Web Semánticos pretende automatizar todo lo que era semi-automático (en el sentido de requerir intervención humana) en los Servicios Web tradicionales, esencialmente el descubrimiento, composición, invocación e interoperación de Servicios Web.

En los siguientes numerales se detallan las dos ontologías para servicios Web más sobresalientes: OWL-S y WSMO que al ser utilizadas para añadir información semántica a los servicios Web, definirán los denominados servicios Web Semánticos.

4.1 OWL-S

La estructura de esta ontología viene dada por la necesidad de responder a tres aspectos básicos de un servicio:

Perfil del servicio o anuncio de capacidades. En donde se establece que requiere el servicio del solicitante y que le proporcionará el servicio como respuesta.

Modelo del servicio. Corresponde a lo que hace el servicio

El grounding. Establece la manera como se usa el servicio

Un agente podrá descubrir dinámicamente el servicio gracias al perfil del servicio, y utilizarlo gracias a la información del modelo del servicio y del grounding.

Desde el punto de vista de OWL, el lenguaje en el que está escrita esta ontología, el servicio se representa por la clase Service. Se usará una instancia de esta clase para representar cada servicio concreto. Las propiedades presents, describedBy y supports son propiedades de la clase Service. Las clases ServiceProfile, ServiceModel y ServiceGrounding son los respectivos rangos de estas propiedades, por lo que, en una instancia concreta de Service, el valor de la propiedad presents será una clase derivada de ServiceProfile, el valor de la propiedad describedBy será una clase derivada de ServiceModel, y el valor de la propiedad supports será una clase derivada de Service-Grounding.

4.2 WSMO

Los Servicios Web Semánticos en WSMO, descritos en el lenguaje WSML, son caracterizador por unas capacidades (capabilities) que se componen de precondiciones, supuestos (assumptions), poscondiciones y efectos. Los goals se caracterizan únicamente por poscondiciones y efectos. La idea es que, dado un conjunto de servicios descritos en WSML y un goal (también escrito en WSML), para saber qué servicio puede satisfacer el goal, se comprueba que se cumplan las poscondiciones y efectos del servicio y del goal. Cuando las ontologías que describen los conceptos con los que se expresan las poscondiciones, y los efectos del servicio, son diferentes de las usadas para expresar las poscondiciones, y los efectos, del goal, se hace uso de los mediadores:

ggMediator. Son los mediadores entre el goal del cliente (source goal) y el goal del web service (target goal). También pueden permitir la descomposición de un goal complejo en goals más sencillos.

ooMediator. Dado un conjunto de ontologías (típicamente las del cliente y las del servicio), este mediador hace la conversión entre los elementos equivalentes de las ontologías y define cómo convertir los conceptos de unas a otras.

wwMediator. Permiten ligar dos servicios que van a interactuar entre sí.

wgMediator. Permiten ligar servicios (en realidad, las capacidades de los servicios) y el goal del cliente. Internamente harán uso de ooMediators.

5. SERVICIOS WEB DE TERRENO

Un servicio web de terreno (WTS) proporciona vistas de datos georeferenciados, de acuerdo con la OGC se define vista como una representación visual de los geodatos [13]. El estándar propuesto por el Open GIS Consortium establece la manera en que los clientes solicitan el servicio de visualización y la forma como los servidores describen los datos en ellos contenidos; para tal efecto definen tres operaciones:

GetCapabilities. Obtiene el Metadato de Nivel del servicio. Que corresponde a la maquina que será leída y la descripción del volumen de información de WTS y los parámetros de solicitud aceptables.

GetView. Obtiene una escena en 3D del dato geoespacial

GetMap. Obtiene un mapa del dato geoespacial

La operación GetView define parámetros para un requerimiento HTTP GET, y un XML DTD para un requerimiento HTTP POST. El funcionamiento de GetView en un WTS normalmente se corre después de que GetCapabilities ha determinado qué preguntas se permite y qué datos están disponibles. El funcionamiento de GetView devuelve una imagen en el formato especificado.

6. CONCLUSIONES

Desde hace ya bastante tiempo se ha trabajado con la idea de construir servicios Web semánticos que provean a los usuarios de todos sus beneficios, sin embargo el desarrollo de los mismos no es tan sencillo a pesar de las múltiples herramientas con las cuales se cuenta. A pesar de esto, no hay que dejar de lado esta lucha puesto que estos servicios posibilitan y apoyan el trabajo en diferentes ámbitos del saber.

En el caso particular de los datos georeferenciados el definir estándares permite enfocar mas claramente la posibilidad de establecer servicios web semánticos que aportarán en gran medida beneficios para los usuarios interesados, puesto que reducirá costos y tiempo debido a las posibilidades de interoperabilidad semántica.

REFERENCES

1. Castells, Pablo. La Web Semántica. Universidad Autónoma de Madrid. Julio de 2004
2. Consortium Standards Bulletin. The semantic web: an interview with Tim Berners-Lee. Jun. 2005

3. Chandrasekaran, b.; josephson, j.r.; benjamins, v.r. what are ontologies, and why do we need them?. IEEE intelligent systems. (enero- febrero 1999), p. 20-26.
4. Felicísimo, Angel Manuel. Modelos Digitales del Terreno: Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales. Universidad de Oviedo. 1994.
5. Fonseca, Frederico; EGENHOFER, Max. "Ontology-Driven Geographic Information Systems" en C.B. MEDEIROS, 7th. ACM Simposium on Advances in Geographic Information Systems. Kansas City, 1999.
6. Gruber, T. R. "Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing" en International Journal of Human and Computer Studies, 43 (5-6), 1995
7. Horridge, Matthew. A Practical Guide To Building OWL Ontologies With The Protege-OWL Plugin. Edition 1.0. June 13, 2004
8. Kim, B. and Chen, S. (1991). Hierarchical classifier desing in high dimensional, numerous class cases. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing 29, 518-28.
9. Lozan Tello, A. Métrica de idoneidad de ontologías. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura: departamento de Informática, 2002.
10. LUKE, S., SPECTOR, L. Y RAGER, D. "Ontology-Based Knowledge Discovery on the World-Wide Web". En Proceedings of the Workshop on Internet-based Information Systems, AAAI-96, 1996.
11. Magnini, b.; serafini, l.; speranza, m. Making explicit the semantics. Proceedings ofthe workshop on human language technology for the semantic web and web services at iswc. (sanibel island, USA, 2003).
12. Mark, David M; Skupin, André. Features, Objects, and other Things: Ontological Distinctions in the Geographic Domain. Department of Geography, NCGIA and Center for Cognitive Science, University at Buffalo, Buffalo, NY 14261.
13. Open Gis Consortium. OGC Web Terrain Server (WTS). Version: 0.3.2. (agosto, 2001).
14. Swartout, w.; tate, a. Ontologies. IEEE intelligent systems. (1999, enero-febrero), p. 18-19.
15. T. Berners-Lee, J. Hendler, O Lassila. The Semantic Web. Scientific American, May 2001.
16. T. Berners-Lee. The Semantic Web lifts off. W3C. ERCIM News No. 51, October 2002
17. Van heijst, g., schreiber, a.t. y wielinga, b.j. using explicit ontologies in kbs development. International journal of human and computer studies, 1996.

Modelo de gestión para procesos académico administrativos, en ambientes educativos flexibles, aplicando tecnologías de la Web semántica.

Miller Gómez Mora

Universidad Distrital, Facultad Tecnológica,
Bogotá, Colombia
mgomez@udistrital.edu.co

José Nelson Pérez Castillo

Universidad Distrital, Facultad de Ingeniería,
Bogotá, Colombia
jperez@udistrital.edu.co

ABSTRACT

Today the institutions for superior education are immersed into global competitive environments and markets; environments which every institution that wants to be successful (or survive) has the need of reaching good institutional results or some pre established objectives. For it the institutions need to manage their activities and resources with the purpose of guiding them towards the objective achievement. Many organizations use recognized models or norms of reference to establish, document and maintain management systems that allow them to direct and control their respective organizations

In this work is postulated the utility of having in the institutions for superior education a management model oriented to the academic and administrative processes as base or departure point to approach the development of a computer system based on the semantic web technologies. The management system models the institution for superior education like a set of intercommunicated or interconnected processes with the objective of providing products and services to the customers (academic community in general) or to other areas of interest. Besides, the implantation of a management model based on web technologies introduces indicators or metrics that allow to evaluate the operation of the institution.

Keywords: Management model, Semantic web, Academic process, Ontology.

RESUMEN

En la actualidad las instituciones de educación superior se encuentran inmersas en entornos y mercados competitivos y globalizados; entornos en los que toda institución que desee tener éxito (o subsistir) tiene la necesidad de alcanzar buenos resultados institucionales o unos objetivos preestablecidos. Para ello las instituciones necesitan gestionar sus actividades y recursos con la finalidad de orientarlos hacia la consecución de esos objetivos. Muchas organizaciones utilizan modelos o normas de referencia reconocidos para establecer, documentar y mantener sistemas de gestión que les permitan dirigir y controlar sus respectivas organizaciones.

En este trabajo se postula la utilidad de disponer dentro de las instituciones de educación superior de un modelo de gestión orientada a los procesos académico administrativos como base o punto de partida para abordar el desarrollo de un sistema informático basado en las tecnologías de la Web semántica. El sistema de gestión modela la institución de educación superior como un conjunto de procesos intercomunicados o interconectados con el objetivo de proporcionar productos y servicios a los clientes (comunidad académica en general) o a otras áreas de interés. Además, la implantación de un modelo de gestión basado en tecnologías web introduce indicadores o métricas que permiten evaluar el funcionamiento de la institución.

Palabras claves: Modelo de gestión, Web semántica, Procesos académico administrativos, Ontologías.

1. INTRODUCCIÓN

Se ha desarrollado aplicaciones exitosas en ambientes distribuidos abiertos aplicando tecnologías de la web semántica, lo que ha conllevado a su potenciación en la solución a problemas donde la computación tradicional ha logrado resultados limitados. Sin embargo, aún queda mucho trabajo por hacer. Se necesita crear más y mejor tecnología e infraestructura al igual que desarrollar aplicaciones reales que pongan en práctica los principios de la web semántica, que pueblen la web con ontologías, y que hagan que la web semántica adquiera la masa crítica imprescindible para hacerla realidad.

La implementación de un modelo de gestión para procesos académico administrativos en ambientes educativos flexibles con base en tecnologías de la Web semántica se desarrolla en dos fases.

En la primera fase se describe los procesos de la institución mediante diagramas de actividad de UML [17]. A partir del modelado de la institución y de la evaluación de la misma, se analiza las necesidades de automatización y aquellas actividades que interesa automatizar, para lo cual se construye un árbol de metas que contiene las metas que serán soportadas por el sistema informático [18].

En la segunda fase de la implementación las metas se convierten en requisitos. El modelo de requisitos propuesto está basado en un modelo de casos de uso estándar. Esta aproximación permite establecer relaciones de trazabilidad entre metas de la institución, metas del sistema de información y requisitos. Establecidos los casos de uso se diseña la ontología que soportará el modelo de gestión.

Esto está justificado por el hecho de que la organización y sus procesos existen debido a las metas de la organización que tienen que satisfacer. De la misma forma el sistema informático se crea para satisfacer ciertas necesidades de la organización, luego las características del mismo (funcionales y no funcionales) deben ser definidas por las metas de la organización que el sistema debe satisfacer.

2. MODELO DE GESTIÓN BASADO EN PROCESOS

Muchas organizaciones utilizan modelos o normas de referencia reconocidos para establecer, documentar y mantener sistemas de gestión que les permitan dirigir y controlar sus respectivas organizaciones. Entre los modelos más utilizados en la actualidad se encuentran las normas ISO de la familia 9000 del año 2000 [10] y las normas EFQM (European Foundation for Quality Management) [5]. El objetivo de ambas es implantar un sistema de gestión dentro de una organización.

Con respecto a las normas ISO 9000 éstas definen un sistema de gestión “como un sistema para establecer la política y los objetivos y para lograr dichos objetivos.” Las normas de la familia ISO 9000 (9000-9001-9004) permiten establecer requisitos y directrices relativos a un sistema de Gestión de Calidad. La primera de ellas describe los fundamentos y el vocabulario de un sistema de gestión. La segunda es la norma de referencia mediante la cual una organización documenta e implanta su Sistema de Gestión de la Calidad con el objeto de demostrar su capacidad para proporcionar productos y servicios que cumplan con los requisitos de los clientes y orientarse hacia la satisfacción de los mismos. La última norma comentada permite avanzar en el Sistema de Gestión de la Calidad desde la perspectiva del cliente hacia todos los grupos de interés de la organización (clientes, accionistas, aliados, empleados, etc.), además orienta a la organización en la utilización del menor número de recursos posibles en la obtención de sus resultados.

El modelo EFQM propone la siguiente definición de sistema de gestión: “un sistema de gestión es un esquema general de procesos y procedimientos que se emplean para garantizar que la organización realiza todas las tareas necesarias para alcanzar sus objetivos”. El modelo se fundamenta en que los resultados excelentes con respecto al rendimiento de la organización, a los clientes, las personas y la sociedad (en definitiva, los grupos de interés) se logran mediante un liderazgo que dirija e impulse la política y estrategia, las personas de la organización, las alianzas y recursos, y los procesos.

Las dos familias de normas promueven la adopción de un enfoque basado en procesos en el sistema de gestión como principio básico para la obtención de manera eficiente de resultados relativos a la satisfacción del cliente y de las restantes partes interesadas.

La visión orientada a procesos exige que la institución defina de manera sistemática las actividades que componen un proceso, identifique la interrelación entre los mismos, defina al responsable del mismo (gestor de su funcionamiento),

introduzca criterios (indicadores) para medir los resultados de capacidad y eficacia del mismo, y como consecuencia de esto último introducir criterios que permitan la mejora del mismo

3. LA WEB SEMÁNTICA

Se trata de una corriente promovida por el propio inventor de la web y presidente del consorcio W3C Tim Berners-Lee, cuyo último fin es lograr que las máquinas puedan entender y por tanto utilizar los contenidos y servicios disponibles en la red [2]. Así se permite también a las aplicaciones una mayor comprensión de los datos, ampliando las posibilidades de gestión de esta información.

Para cumplir con este objetivo, es necesario contar con las tecnologías web que permitan introducir descripciones explícitas sobre el significado de los recursos (información y servicios) disponibles en la Red de forma susceptible de ser procesada automáticamente por una aplicación.

Estas tecnologías incluyen lenguajes para la representación de ontologías, parsers, lenguajes de consulta, entornos de desarrollo, módulos de gestión para el almacenamiento, acceso y actualización de ontologías, módulos de visualización, conversión de ontologías, y otras herramientas y librerías. Existen muchos ejemplos de estas tecnologías, sin embargo en este documento se hará alusión a OWL (ontology web lenguaje) y la creación de Ontologías

Ontologías

Una ontología es una jerarquía de conceptos con atributos y relaciones que define una terminología bajo algún consenso para definir redes semánticas en áreas de conocimiento interrelacionadas. Esto se puede hacer gracias a que las ontologías tienen una forma de establecer el alcance de sus atributos y comportamiento por medio de reglas, permitiendo que la ontología deduzca o por lo menos proponga a qué clase o categoría puede pertenecer cada nuevo concepto que se ingresa.

Se distinguen tres tipos fundamentales de ontologías [15]:

- Ontologías de un dominio, en las que se representa el conocimiento especializado pertinente de un dominio o subdominio, como la medicina, las aplicaciones militares, el comercio electrónico o la educación virtual.
- Ontologías genéricas, en las que se representan conceptos generales y funcionales del conocimiento como las estructuras parte/todo, la cuantificación, los procesos o los tipos de objetos.
- Ontologías de representación, en las que se especifican las conceptualizaciones que subyacen a los formalismos de representación del conocimiento, por lo que también se denominan meta-ontologías (meta-level o top-level ontologies).

A estos tres tipos, se añade las ontologías que han sido creadas para una actividad o tarea específica denominadas task ontologies, como por ejemplo, la venta de productos o el diagnóstico de una enfermedad, y las ontologías creadas para una aplicación específica.

Creación de Ontologías

Para la creación de ontologías existen diferentes enfoques, basados en la experiencia de expertos y el desarrollo cooperativo [6]. El aspecto social para el desarrollo de las nuevas ontologías es muy importante, ya que existen diferencias al interior de las comunidades que componen el dominio en la cual se crea la ontología [4]. La tendencia en la evolución de las ontologías es que se desarrollen múltiples ontologías locales, para luego, si es necesario, lograr acuerdos entre los miembros de las comunidades o formalizar las equivalencias entre las ontologías.

Algunos ejemplos de interoperabilidad utilizando la tecnología propuesta para la web semántica son:

- El proyecto NDLTD3 en el cual un consorcio de universidades, bibliotecas y otras instituciones mantienen un sistema de tesis electrónicas.
- El proyecto AKTive Space donde a través de una ontología se busca presentar información acerca de los investigadores de las ciencias de la computación que existen en las diversas regiones de Inglaterra [13]

- El Proyecto RODA [14] donde se analizan herramientas de anotación de autor o semántica y herramientas de anotación externas que permiten compartir el conocimiento entre diferentes usuarios que trabajan en red.
- MusicBrainz [16] el cual se centra en la descripción de música.
- RSS 1.0 que describe canales de televisión.
- FOAF para describir personas.
- Dublín Core utilizado para describir documentos.
- RdfGeo que describe lugares y mapas.
- RdfCal para la descripción de eventos y reuniones.
- ChefMoz para describir restaurantes.

En forma general, se busca que la web esté formada por una red de nodos tipificados e interconectados mediante clases y relaciones definidas por una ontología compartida por los diferentes autores. Se debe aclarar que la adopción de ontologías comunes es clave para que todos los que participen en la web semántica, desarrollando o usando recursos, puedan trabajar en forma autónoma con la garantía de que todas las piezas puedan encajar.

OWL

Utilizando esquemas RDF (RDF's) es posible crear ontologías [11], pero presenta deficiencias. Por ejemplo, usando RDF's no se puede especificar tipos de datos para los nodos literales y no tiene soporte alguno a axiomas lógicos. El W3C ha desarrollado OWL, que se pretende sea el lenguaje estándar para ontologías en la web. OWL cuenta con tres versiones. En realidad, se trata de versiones con distintas limitantes: OWL Lite, OWL DL y OWL Full.

La única versión que garantiza computabilidad y decidibilidad es OWL Lite. La complejidad y capacidad de expresión se eleva hasta llegar a OWL Full, en el que la garantía antes señalada pierde veracidad. Al igual que en los lenguajes formales, en OWL las variantes tienen una relación contenedora, es decir, toda ontología OWL Lite es OWL DL, toda ontología OWL DL es OWL Full.

Escribir en lenguajes como RDF y OWL resulta sumamente difícil y propenso a errores [7]. Afortunadamente se puede utilizar entornos gráficos para visualizar y construir ontologías de forma más razonable, como Kaon, webODE o Protégé.

4. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

Como se ha comentado anteriormente el objetivo principal de este trabajo es implementar un modelo de gestión para procesos académico administrativos, en ambientes educativos flexibles, con base en las tecnologías de la Web semántica. Para alcanzar este objetivo se deriva mediante un proceso guiado un modelo de requisitos a partir de un modelo organizacional de gestión orientado a procesos.

La propuesta está dividida en dos fases y es compatible con los estándares ISO de la familia 9000 y con EFQM. Con cualquiera de ellos se deben describir los procesos de la organización, introducir criterios de medición y evaluar esos criterios.

En la primera fase se analiza y se evalúa la organización en la cual estará inmerso el sistema informático que se pretende construir. El propósito de esta fase es capturar y justificar la actividad de la organización, para posteriormente utilizarla como inicio del proceso de producción de software. Los procesos del negocio se representan mediante diagramas de actividad de UML y se relacionan con las metas estratégicas de la organización, a la vez que se evalúan mediante indicadores.

Además, se debe definir los objetivos del sistema, es decir la parte de los procesos de negocio que se desean informatizar. Esto se realiza en dos etapas: análisis de procesos y construcción del árbol de metas del sistema. Luego, las metas se convierten en requisitos del futuro sistema.

En la segunda fase se diseña la ontología que guiará la automatización de cada proceso buscando la interoperabilidad semántica. En nuestra propuesta, el principal objetivo es obtener una descripción de la funcionalidad del producto

software partiendo de los procesos y de las metas de negocio de la organización estableciendo relaciones de trazabilidad entre las fases.

5. MODELADO Y EVALUACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

Cuando una organización desea implantar un sistema de gestión basado en procesos, las actuaciones a emprender se pueden resumir en cuatro grandes pasos:

- a. La identificación y secuencia de los procesos.
- b. La descripción de cada uno de los procesos.
- c. El seguimiento y la medición para conocer los resultados que se obtienen.
- d. La mejora de los procesos en base al seguimiento y medición realizado.

En el primer paso se obtiene una visión global de los procesos de interés para la organización. En el segundo se describe (gráficamente y textualmente) cada uno de los procesos. Ésta descripción obliga a la introducción de indicadores que permiten evaluar su funcionamiento que se realiza en el tercer paso. Por último, el paso 4 introduce modificaciones pertinentes en el modelo inicial de procesos.

Mapa de procesos

El mapa de procesos es la representación gráfica de la estructura de procesos que conforman el sistema de gestión. Por consiguiente el primer paso a adoptar en un enfoque basado en procesos consiste en decidir qué procesos deben configurar el sistema, es decir qué procesos deben aparecer en la estructura de procesos del sistema. Ni ISO:9000 ni EFQM establecen de manera explícita qué procesos deben configurar el sistema de gestión, pudiendo conformarla procesos de distinta índole (de planificación, de gestión de recursos o procesos de seguimiento y medición).

Se entiende que son normas de carácter general y que cada organización debe decidir qué procesos son relevantes dentro del sistema de gestión de calidad. La identificación y selección de procesos no debe ser algo trivial, debe nacer de una reflexión acerca de las actividades que se desarrollan en la organización y de cómo éstas se orientan hacia la consecución de los resultados.

Existen diversas herramientas de gestión como dinámicas de equipos de trabajos, técnica de “Brainstorming”, que pueden ayudar a la identificación. En cualquiera de los casos es importante destacar la importancia de la implicación de los líderes de la organización para dirigir e impulsar la configuración de la estructura de procesos de la organización y para garantizar la alineación con la misión definida.

Descripción gráfica de procesos

Como se ha comentado anteriormente, se propone utilizar diagramas de actividad de UML para describir de forma gráfica el funcionamiento de los procesos organizacionales. Para cada proceso que se lleve a cabo en la organización se crea un diagrama de actividad en el que se detallan las actividades involucradas, los agentes responsables de las mismas y los recursos que se intercambian.

Ficha de proceso

La ficha de proceso asociada a cada diagrama de proceso se considera un soporte de información que pretende recabar todas aquellas características relevantes para el control de las actividades definidas en el proceso, así como para la gestión del mismo.

La ficha de proceso debe contener como mínimo la siguiente información:

- Misión: Describe el propósito del proceso, su razón de ser.
- Propietario del proceso: Indica qué agente de la organización es el responsable del proceso. Esto implica que debe gestionar su correcto funcionamiento, debe tener capacidad de liderar e implicar a todos aquellos actores que participan en el mismo.

- **Indicadores:** Expresiones numéricas que permiten hacer una medición referente a cómo el proceso se orienta al cumplimiento de su misión.
- **VARIABLES DE CONTROL:** Son aquellos parámetros sobre los que se tiene capacidad de actuación y que pueden influir en el comportamiento del proceso y por consiguiente en los indicadores.
- **Inspecciones:** Son las revisiones que se realizan en el ámbito del proceso con fines de control de mismo.

Correspondencia entre metas estratégicas y procesos

Para efectuar un análisis de las *metas estratégicas* de la organización se debe distinguir entre proceso y tipo o instancia de proceso [3]. Un proceso de negocio es un conjunto parcialmente ordenado de actividades ensambladas para alcanzar una meta clara. Un tipo de proceso se refiere a un proceso en general (i.e. cancelar asignatura, tramitar reclamación), mientras que una instancia de proceso se refiere a la ejecución concreta de un proceso (ejemplo, procesar el registro académico del estudiante #20051078002).

En las instituciones de educación superior se puede encontrar metas estratégicas, las cuales están asociadas con los tipos de proceso (ejemplo, disminuir la deserción académica, aumentar la pertinencia del estudiante, aumentar la cobertura en un 20%), y justifican la existencia de los procesos dentro de la organización y explican cómo se llevan a cabo.

Las metas estratégicas implican procedimientos de operación que dictan cómo se ejecutan las instancias de un proceso. Son sentencias declarativas que habitualmente no pueden medirse o evaluarse directamente (ejemplo, aumentar la pertinencia del estudiante).

Es la organización o bien el proceso de análisis de la misma la que por una parte asocia metas estratégicas a los tipos de proceso e introduce criterios para determinar si un tipo de proceso satisface o no a una meta estratégica. Por lo tanto, a una meta estratégica se le asocian uno o varios procesos que la llevan a cabo, así como uno o más indicadores que indican el grado de satisfacción de dicha meta.

Por ejemplo, la meta estratégica “aumentar la pertinencia del estudiante”, con respecto al proceso “Registro académico”, puede medirse mediante el siguiente indicador: los estudiantes están satisfechos si un 80% de los mismos está nivelado en su carrera. Esta etapa crea la correspondencia entre metas de la organización, procesos del negocio e indicadores o criterios de evaluación.

6. DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DEL FUTURO SISTEMA INFORMÁTICO

Partiendo de toda la información recopilada anteriormente, se pretende obtener un conjunto de metas que deberá satisfacer el sistema informático. Además, se pueden introducir objetivos fuera de la actividad actual de la institución que deberá proporcionar el sistema informático. Por ejemplo, un objetivo o necesidad de la institución es automatizar el proceso de adición y cancelación de asignaturas.

Estas metas, ya en la fase final del proceso, derivarán en los requisitos funcionales de la aplicación informática. Los requisitos funcionales son aquellas metas funcionales que no pueden descomponerse. Las metas que no se automatizan provienen de actividades manuales que deben realizar los actores y que no tienen impacto directo en los requisitos funcionales del sistema.

Por el contrario las metas a automatizar representan servicios que debe ofrecer el sistema para automatizar la actividad, o bien una colaboración entre los actores y el sistema. Éstas se convierten en requisitos funcionales que describiremos mediante casos de uso.

Modelos de datos basados en ontologías MDBO

El uso de modelos de datos orientados a ontologías MDBO modifica el paradigma de diseño tradicional de aplicaciones. Estos modelos permiten la manipulación de ontologías a través de un API. Su nivel de abstracción es tal que ocultan completamente la implementación física del modelo, esto es, ocultan el detalle de si los datos del modelo se encuentran en memoria, en un archivo o en una base de datos BD [1].

El reto no solo reside en su eficacia, sino también en su flexibilidad. Es en este aspecto de flexibilidad donde la Interfaz de usuario IU se vuelve decisiva. Una correcta representación de la ontología y de los cambios que se desean realizar en

ella permitiría la flexibilidad requerida para esta tarea. Este objetivo debe conseguirse para que los modelos ontológicos sean lo bastantes flexibles como para resultar útiles.

En este caso el modelo MDBO consiste en un grafo de triples que se puede representar siguiendo el paradigma tradicional de BD como una única tabla de tres campos (sujeto, predicado, valor) en el que cualquier celda puede ser de un tipo complejo. Este puede ser un hecho crucial que lo diferencia de las BD tradicionales donde los tipos están fijados y que tiene una visualización inmediata que facilita su comprensión por parte del diseñador de la aplicación.

7. DEFINICIÓN DE LA ONTOLOGÍA

Como ya se mencionó, una ontología es una puesta en común de clases (conceptos) con atributos y relaciones entre clases. Esta primera versión de la ontología de gestión académica es creada a partir del modelo de datos que existe en el sistema de información académico de la Universidad Distrital de Bogotá Francisco José de Caldas. En versiones futuras será enriquecida con nuevos conceptos, atributos y relaciones, extraídos a partir del conocimiento adquirido en reuniones con expertos. Para la creación y el modelado de la ontología se ha utilizado la herramienta de edición de ontologías Protege [12].

El lenguaje de ontologías escogido fue Owl. Durante la creación de la ontología se utilizó como guía el tutorial: A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using The Protégé-OWL Plugin and CO-ODE Tools Edition 1.0 [9], siguiendo un esquema *top-down*. Se rescatan los siguientes principios: restringir el alcance de la ontología antes de comenzar su creación; y tener en cuenta que las subclases son siempre especializaciones de una superclase, es decir, se trata de una relación *is-a*.

En el caso de las asignaturas no se creó una ontología dedicada, si no que se dejó el camino abierto al mercado específico, mediante una propiedad que enlaza a la página de la asignatura. Esto tiene mucho sentido si se toma en cuenta la gran cantidad de ontologías especializadas en el ámbito de *e-learning*. El resultado obtenido es una ontología que podemos dividir en tres secciones independientes: Facultad, Sujeto e Investigación.

Facultad

Es el modelo conceptual para una carrera universitaria, con clases para una carrera que se relaciona con *investigación*, *admisión* y *docencia*. Además contiene personas, las que pueden ser diferenciadas de acuerdo a su rol, como son académicos, alumnos y funcionarios.

Sujeto

Es la sección de la ontología de carácter general y contiene relaciones con las siguientes subclases de la clase dirección: dirección electrónica, dirección postal, dirección telefónica.

Investigación

Presenta una clasificación con clases y subclases de áreas de investigación que ofrece cada facultad.

8. CONCLUSIONES

La primera conclusión a destacar es que el uso de las técnicas de la Web semántica descritas en este artículo está permitiendo a la Universidad Distrital el desarrollo de nuevas aplicaciones tendientes a satisfacer las necesidades de la comunidad educativa así como una mejora importante en el diseño e integración de sus aplicaciones existentes. En la fecha de escritura de este artículo aún no se ha terminado el proyecto por lo que no se dispone de los datos de aceptación por parte de la comunidad educativa.

El desarrollo de este proyecto contribuye al afianzamiento de la Web semántica por ser esta un disciplina emergente [8]. Para la continuación de este proyecto se plantea la utilidad de crear Servicios web semánticos. Los servicios web están sirviendo para la integración de aplicaciones, por lo su adaptación a la filosofía de la Web semántica se ha convertido en un tema prioritario de investigación y desarrollo. Con estos servicios web semánticos, los agentes personales se pueden convertir en una realidad a mediano plazo.

REFERENCES

1. Alonso, J. Carranza, C. Castells, P. Foncillas, B. Lara, R. And Rico, M. Semantic Web Technologies for Economics and Financial Information Management. *Poster second International semantic web conference*. 2003
2. Berners – Lee, T; Hendler, J; Lasilla, O. The semantic web: a new form of web content that meaningful possibilities. *Scientific American*. Mayo. 2001.
3. Bider, I. Towards a common notion of goal for business process modelling. *Workshop on Practical Business Process Modelling*. 2002
4. Clyde, W; Holsapple; Joshi, K. A collaborative approach to ontology design. *Communications of the ACM*. Febrero. 2002.
5. El modelo de calidad EFQM. En <http://www.efqm.org>
6. Fridman, N; McGuinnes, D. Ontology development 101: A guide to crating your first ontology. *Stanford knowledge systems laboratory*. Marzo. 2001.
7. Harmelen, F; McGuinnes, D. Feature synopsis for owl lite on OWL. W3C working draft. 2002.En: www.w3c.org/TR/owl-features/ (04-05-06)
8. Haustein, S. and Pleumann, J. Is participation in the semantic web too difficult?. *Internacional semantic web conference*. (ISWC 2002). Sardinia, Italia. 2002.
9. Horridge, M. Knublauch, H. Rector, A. Stevens, R. Wroe, C. A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using The Protégé-OWL Plugin and CO-ODE Tools Edition 1.0. The University Of Manchester. August 27, 2004.
10. ISO 9000:200. Selection and use of the ISO 9000:200 family. En <http://www.iso.ch>
11. Lasilla, O; Swick, R. Resource Description Framework (RDF): Model an syntax specification. 1999.En: www.w3c.org/TR/1999/REC-rdf-syntax-19990222. (03-25-06)
12. Protégé. En: <http://www.protege.org>.
13. Proyecto AKTive Space. En: <http://triplestore.aktors.org/demo/AKTiveSpace/> (04-10-06)
14. Proyecto RODA (Red de Conocimiento Descentralizada a través de Anotaciones). 2004. En: <http://roda.ibit.org> (04-10-06)
15. Studer, R; Benjamin, R; Fensel, D. Knowledge engineering principles and methods. *Data and knowledge engineering*. 1998
16. Swartz, A. MusicBrainz: A Semantic Web Service. *IEEE Intelligent Systems*. Enero. 2002.
17. UML. Especificaciones de UML 1.5. En: <http://www.omg.org>
18. Villanueva, I. Sánchez, J. and Pastor, O. Elicitación de requisitos en sistemas de gestión orientados a procesos. 2003

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (GIS)

Arquitectura distribuida para el descubrimiento de conocimiento y minería de datos geográficos en imágenes.

Alber H. Sanchez

Universidad Distrital FJC, MCIC,
Bogota DC, Colombia.
albhasan@gmail.com

Jose N. Perez

Universidad Distrital FJC, MCIC,
Bogota DC, Colombia.
jnperezc@gmail.com

ABSTRACT

Nowadays, the knowledge discovery and data mining are common issues at the knowledge society. There is a huge amount of geographic information and this is a source of useful rules and patrons for scientific and engineering purposes and these patrons may have not been noticed by the science, the academy and the industry. The question is how to find geospatial knowledge when the data sources are heterogeneous in time, space and resolution. In this paper, the authors present a possible solution using concepts and tools that are accessible today. These include semantic web services, ontologies for knowledge sharing and artificial intelligence techniques for knowledge discovery and data mining on satellite images.

Keywords: knowledge discovery, data mining, geographic information, architecture, satellite images.

RESUMEN

El descubrimiento de conocimiento y la minería de datos es un tópico recurrente en la sociedad del conocimiento. La abundante cantidad de información geográfica recolectada hasta el día de hoy es una fuente natural de patrones útiles para diferentes aplicaciones científicas y de ingeniería, que por diferentes razones han pasado desapercibidos para científicos y académicos así como para la industria. La pregunta es cómo encontrar conocimiento de tipo geoespacial en fuentes de datos tan dispares en cuanto a tiempos, lugares, y resoluciones de imágenes. En este artículo, los autores presentan una solución posible de la mano de los conceptos y herramientas que están al alcance de muchos, incorporando servicios Web semánticos, las ontologías para formalización de conocimiento y las técnicas de inteligencia artificial para realizar descubrimiento de conocimiento y minería de datos en imágenes de satélite. Todo esto funcionando de manera distribuida sobre la Web, facilitando el acceso extracción y distribución de información, solventando, de manera parcial, algunos de los retos mas importantes encarados hoy por la ciencia y tecnología de la información geográfica.

Palabras claves: descubrimiento de conocimiento, minería de datos, información geográfica, arquitectura, imágenes de satélite.

1. INTRODUCCION.

Este artículo presenta los aspectos más importantes para la construcción de una arquitectura o plataforma para el descubrimiento de conocimiento y la minería de datos geográficos mediante el uso de la teoría de conjuntos aproximados en el ambiente de la Web semántica.

La primera parte, busca contextualizar al lector en la teoría de los conjuntos aproximados, el descubrimiento de conocimiento y la minería de datos y algunas de las representaciones que tiene una imagen de satélite.

La segunda parte describe los componentes de la arquitectura y como son sus interacciones para lograr su propósito.

2. LA TEORIA DE LOS CONJUNTOS APROXIMADOS.

La teoría de los conjuntos aproximados (RST) fue desarrollada por Zdzislaw Pawlak en los 70 en la academia de ciencias en la universidad de Warsaw, en Polonia. Esta se relaciona con el análisis clasificatorio de información o conocimiento impreciso, incierto o incompleto en términos de datos adquiridos por la experiencia [34].

Una de las cosas más importantes de esta teoría como herramienta de análisis, es su capacidad de encontrar reglas útiles dentro de un sistema de representación del conocimiento mediante de la búsqueda de reductos, que, a grandes rasgos son, representaciones más simples del conocimiento que se encuentra a l inicio del proceso. En [1] y [3] es posible encontrar ejemplos de la aplicación de esta teoría a problemas geográficos.

De aquí en adelante, las apreciaciones que se hagan acerca de las imágenes estarán basadas principalmente en esta teoría y sus definiciones, como por ejemplo, la definición de conocimiento, sistema de representación del conocimiento (KRS), y tabla de decisión (DT). Estas definiciones se encuentran en [23].

3. EL DESCUBRIMIENTO DE CONOCIMIENTO Y LA MINERIA DE DATOS ESPACIAL.

El descubrimiento de conocimiento y minería de datos (KD&DM) ha sido ampliamente discutido en los últimos años y la ciencia y tecnología de la información geográfica (GIC&T) no ha sido indiferente al tema.

Varios autores se han referido al tema intentando formalizar la definición del descubrimiento de conocimiento (KD) y de la minería de datos (DM) en el contexto geográfico, pero aun no se ha llegado a un consenso definitivo. En [18] y [6] se hacen resúmenes del estado del arte del KD&DM, sus implicaciones en la geografía y se propone una agenda de investigación en ese campo para enfrentar los retos y las fronteras de la investigación en este campo.

Formalizar y realizar KD&DM en datos e información geográfica, es apenas la primera etapa de un proceso que reviste mayor complejidad. Una vez minado y descubierto nuevo conocimiento en imágenes, como resultado se pueden obtener clases, o en el caso de la RST, reglas. La pregunta evidente es como formalizar este conocimiento. Una paso para obtener la respuesta viene de la *World Wide Web Consortium* (W3C) [31] con el lenguaje OWL, el cual es “*un lenguaje diseñado para ser usado por aplicaciones que necesitan procesar el contenido de información en lugar de solamente presentar información a humanos*” [12]. Esto paso se puede considerar como uno que se da en la construcción de la Web Semántica [4] [26] [5].

El presente artículo parte de la premisa que considera a RST como una buena herramienta para hacer KD&DM en información geográfica, particularmente, en imágenes de satélite.

4. LO SEMANTICO DE LA INFORMACION GEOGRAFICA.

La concepción de la Web Semántica ha hecho poner los ojos de las comunidades en los contenidos de la información más allá de su mera presentación. Esto hizo evidente una pregunta de varios años en la geografía a la que aun no hay una respuesta globalmente aceptada, ¿Cuáles son los fundamentos ontológicos de la información geográfica?[16]

Al respecto, los esfuerzos se han volcado hacia revisar contenido semántico de las imágenes. En este sentido se puede citar el enfoque de Fonseca [9] [8] [10] que propone el paradigma de los 5 universos (físico, cognitivo, lógico, de

representación y de implementación), donde cada uno de estos tiene correspondencia con una o más ontologías, que son clasificadas siguiendo la propuesta de Guarino [14] (ontologías de máximo nivel, de dominio, de tarea y de aplicación). El trabajo de Cámara [7] tiene un mayor nivel de formalización y se puede considerar como la continuación del esfuerzo de Fonseca, dado que propone un marco de representación para la ontología de imágenes. Este marco debe contemplar elementos tales como las propiedades intrínsecas de las imágenes, la captura de datos periódica y no específica, centrarse en las imágenes como herramienta para monitorear el cambio, reutilizar el conocimiento de los algoritmos ya existentes para el procesamiento, y tener en cuenta la alta dependencia de la imagen del proceso de medición.

Una observación al respecto de este enfoque es que parte de la propuesta de sistema de información geográfica guiados por ontologías (ODGIS) [9] [11], lo cual, de alguna manera u otra, presupone la existencia de las ontologías. Por otra parte, hay quienes anteponen la información geográfica a los sistemas de información. Entre estos están David [16] quien propone la investigación de los fundamentos ontológicos de la información geográfica.

Ahondar en la discusión del KD&DM espacial y el contenido semántico de la información geográfica esta mas allá del alcance de este artículo. Para los autores, en el contexto del presente artículo, la RST una herramienta conceptual y practica adecuada para hacer KD&DM y obtener reglas, a partir de la interpretación de una imagen como un sistema de representación de conocimiento, partiendo del trabajo de Aldridge [2]. Ahora, el conocimiento descubierto en las imágenes es posible formalizarlo a través del uso de OWL y hacerlo publico a través de su publicación en la Web, lo cual puede dar pie a múltiples aplicaciones científicas y de ingeniería.

5. LAS IMÁGENES DE SATELITE.

Esta sección presenta una definición de imagen, para posteriormente hablar acerca de las posibles representaciones de las imágenes, más particularmente, como sistema de representación del conocimiento (KRS).

El Píxel.

En este artículo, el píxel es el objeto central. Un píxel, para los autores, es un objeto compuesto por una posición relativa dentro de una imagen, una forma geométrica cuadrada asociada con un vector de mediciones de un conjunto de propiedades de un segmento finito de la superficie terrestre. Cada propiedad regularmente corresponde con una medición del campo electromagnético en algún rango de longitud de onda definido, si bien, también puede ser un valor representativo de alguna categoría en imágenes clasificadas.

La Imagen de Satélite.

Para los autores, una imagen de satélite es un arreglo rectangular de píxeles, en donde, ningún píxel se sobrepone con otro y entre cada par de píxeles adyacentes no quedan espacios vacíos.

Las Representaciones de las Imágenes.

De las anteriores definiciones, se desprende que las imágenes tienen al menos 2 representaciones. La primera, de imagen, que es utilizada por los seres humanos para hacer reconocimiento visual y clasificación de patrones, como se ve en la figura 1. La segunda, que es la que mas le interesa a este artículo, es la representación como arreglo o matriz, como se ve en la figura 2. A esta última representación se le conoce, en el contexto de RST como KRS [2].

La representación de la imagen como arreglo de vectores de mediciones de propiedades de la superficie terrestre es fácilmente convertible en una tabla, que a su vez, se puede interpretar o transformar a un sistema de representación del conocimiento. Ya siendo la imagen un KRS, es posible aplicar RST para hacer KD&DM. En [2] y [1] se hace un examen de las imágenes como KRS y como utilizar RST en ellas.

Las Imágenes como Tablas de Decisión.

Existen varias formas de interpretar una imagen como una tabla de decisión (DT). A grandes rasgos, una DT es un KRS en donde se ha hecho una generalización (se ha pasado de conocimiento extensional a conocimiento intencional) y se ha seleccionado un atributo de decisión y todos los demás quedan como atributos de condición. Las DT se pueden clasificar en 2 grupos, DT y DT espacial.

Tabla de Decisión.

Esta es la representación que se usa comúnmente para hacer KD&DM en bases de datos no espaciales (en [18] se hace claridad sobre las diferencias entre varios tipos de descubrimiento de conocimiento y minería de datos). Una imagen

interpretada como una DT de este tipo se ve en la figura 3. Es importante anotar que aquí las relaciones espaciales existentes entre los píxeles no son tenidas en cuenta para nada, dicho de otra manera, aquí se hace KD&DM sobre datos espaciales, mas no se hace KD&DM espacial [2].

Tabla de Decisión Espacial.

Una DT espacial es armada a partir de un KRS, teniendo en cuenta relaciones espaciales entre los píxeles de la imagen. Por ejemplo, de acuerdo a la ley de Tobler [28], se puede considerar que el píxel de la mitad de la imagen de la figura 1 está influenciado por sus píxeles contiguos mas que por cualquier otro píxel. Así, es posible armar la tabla de la figura 4 que muestra la DT espacial para el píxel central de la imagen de la figura 1. De manera similar, se puede seguir para tener en cuenta píxeles aun mas alejados, hasta el limite de los recursos computacionales disponibles.

A	A	A
A	C	C
C	T	T

Figura 1. Una imagen representada como imagen clasificada en categorías.

ID	X	Y	R	G	B	Clase
1	1	1	0	0	255	Agua
2	1	2	0	0	250	Agua
3	1	3	0	0	253	Agua
4	2	1	0	0	249	Agua
5	2	2	0	130	160	Costo
6	2	3	0	125	123	Costa
7	3	1	0	150	120	Costa
8	3	2	0	250	0	Tierra
9	3	3	0	251	0	Tierra

Figura 2. Una imagen representada como tabla, o un sistema de representación de conocimiento.

ID	Condición			Decisión
	R	G	B	Clase
1	0	0	255	Agua
2	0	0	250	Agua
3	0	0	253	Agua
...

Figura 3. La tabla de la figura 2 vista como una tabla de decisión.

ID	Condición								Decisión
	Píxel 1	Píxel 2	Píxel 3	Píxel 4	Píxel 6	Píxel 7	Píxel 8	Píxel 9	Píxel 5

1	A	A	A	A	C	C	T	T	C
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Figura 4. Tabla de decisión espacial para el píxel central de la tabla de la figura 1.

Es fácil notar que la tabla de la figura 3 presenta una DT que sirve de base para hacer clasificación de imágenes de satélite, en donde, la DT sirve de entrenamiento, para que una técnica de inteligencia artificial realice una clasificación de la imagen; si por ejemplo, la técnica empleada es RST, a partir de la DT se hace reducción de conocimiento a fin de encontrar unas pocas reglas de clasificación que posteriormente se utilizaron para clasificar otros píxeles. La tabla de la figura 4 muestra una DT en donde el conocimiento que se puede descubrir esta vinculado a las relaciones espaciales de vecindad y dirección existentes entre las categorías existentes en la imagen.

La forma en que la RST procesa el KRS y la DT para obtener reglas esta más allá del alcance de este artículo. Esto se puede consultar en [34] y un ejemplo específico aplicado a imágenes se puede encontrar en [2].

En conclusión, como se puede ver a partir de los ejemplos anteriores, es posible acomodar una imagen a una DT o DT espacial de varias maneras y así hacer KD&DM en búsqueda de diversas relaciones o patrones (espaciales y no espaciales) en las imágenes.

6. LA ARQUITECTURA.

Para describir la arquitectura, se utiliza, si bien no con toda la rigurosidad en virtud de la claridad, la aproximación de los puntos de vista de la computación, de la información, de la ingeniería y de la tecnología que vienen de la norma ISO 19119 y han sido tomados como parte de la arquitectura de servicios de *Open Geospatial Consortium* (OGC) [19], tópico 12, “*The OpenGIS Service Architecture*”[29] [24].

Punto de Vista de la Computación.

La figura 5 muestra como se establece la interacción entre los servicios principales de la arquitectura. Todo comienza por la imagen, la cual, a consideración de los autores, debe ser llevada a un formato de representación XML en concordancia con los estándares actuales de la W3C y facilitando la interacción de las imágenes en la Web, en especial con aplicaciones de KD&DM. El servicio de intercambio se encarga de transformar las imágenes de sus formatos nativos a XML y viceversa. La figura 6 muestra los dos primeros píxeles de una imagen representada en XML.

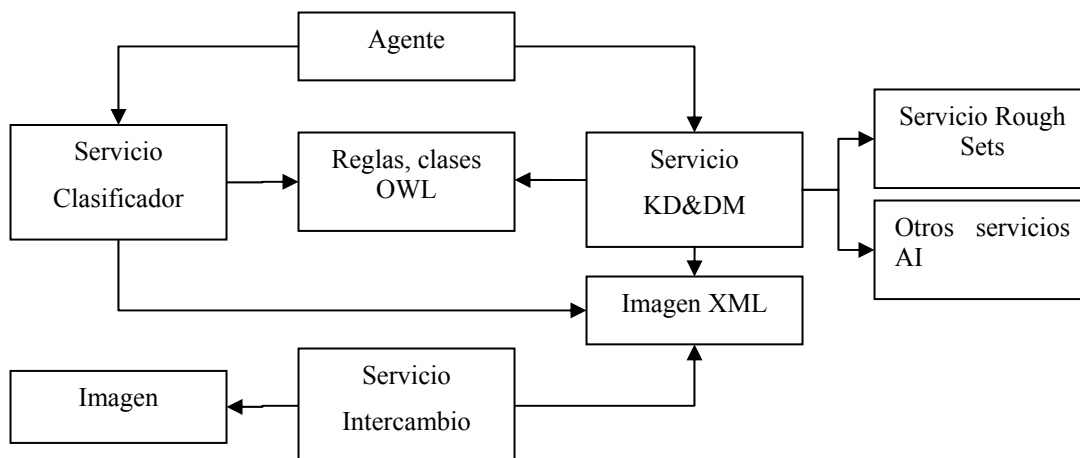


Figura 5. Diagrama del punto de vista computacional de la arquitectura.

Ya con la imagen XML, es posible accederla por un servicio KD&DM que hace uso de un servicio de razonamiento (en este caso particular RST, si bien podría ser algún otro) y obtiene reglas que son expresadas en OWL. Estas reglas pueden ser utilizadas para realizar clasificación supervisada (si las reglas fueron obtenidas a partir de una imagen diferente a la que se esta trabajando) o no supervisada (si las reglas fueron obtenidas a partir de la misma imagen). La clasificación puede ser realizada por una agente (humano o computacional), que hace uso del servicio clasificador y de las reglas en

una clasificación supervisada o del servicio clasificador, de las reglas y del servicio KD&DM en una clasificación no supervisada.

Punto de Vista de la Información.

Como se mencionaba con anterioridad, se considera importante contar con una representación de imágenes de satélite en XML, en general, con una representación XML de datos raster. Una propuesta se encuentra en la figura 6, la cual, corresponde a los 2 primeros píxeles de la imagen descrita por la tabla de la figura 2.

```
<image>
  <originalLocation>http://localhost</originalLocation>
  <pixel>
    <id>1</id>
    <positionX>1</positionX>
    <positionY>1</positionY>
    <value>0</value>
    <value>0</value>
    <value>255</value>
    <value>1</value>
  </pixel>
  <pixel>
    <id>2</id>
    <positionX>1</positionX>
    <positionY>2</positionY>
    <value>0</value>
    <value>0</value>
    <value>250</value>
    <value>1</value>
  </pixel>
</image>
```

Figura 6. Representación de una imagen en XML.

La figura 7 resume el punto de vista de la información. En el centro se encuentra una imagen XML que se puede validar con XML Schema [32] y con cualquier programa parser muchos navegadores de Internet traen incorporado. Haciendo uso de XSLT [33] se puede transformar la imagen XML en cualquier otra forma de XML o algún lenguaje basado en él. Para los propósitos de este proyecto es importante contar con una transformación a HTML[15] que permite observar la imagen como una tabla (lo mas parecido posible a un arreglo) y a SVG[25]. Esto permite ver la imagen como imagen y como tabla sobre un navegador de Internet, las cuales, son las representaciones principales de una imagen propuestas por este artículo, aunque no es descabellado pensar en una transformación directa de la imagen a OWL, si bien, esto no correspondería con el concepto de KD&DM.

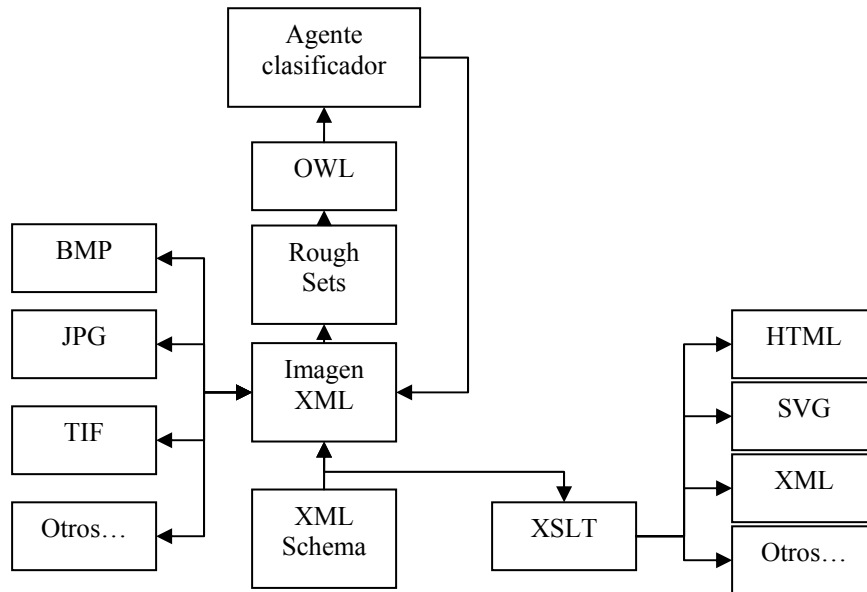


Figura 7. Diagrama del punto de vista de la información de la arquitectura.

Como se menciona anteriormente, con RST se hace KD&DM a la imagen se obtienen reglas y se puede hacer clasificación supervisada y no supervisada, además de contar con los beneficios de una representación estándar del conocimiento descubierto.

Punto de Vista de la Ingeniería.

Los servicios que componen la arquitectura son servicios Web, como los que se han estado trabajando desde algunos años, pero indudablemente, para llevar una arquitectura de este tipo a la Web semántica, es necesario convertir los servicios Web en servicios Web semánticos [21] [20]. Con esto, se busca lograr que los servicios Web de la arquitectura puedan cumplir con [17]:

- a. Descubrimiento de un servicio Web automático.
- b. Invocación de un servicio Web automática.
- c. Interoperabilidad y composición de servicios Web automáticos.

Con esto, se abre la arquitectura a usuarios que potencialmente podrían ser agentes inteligentes que se encarguen de hacer composición u orquestación de servicios Web.

Punto de Vista de la Tecnología.

El gran volumen de datos producido por las ciencias de la tierra, particularmente en forma de imágenes de la superficie terrestre se conjuga en esta propuesta con la complejidad computacional en la que se incurre por el uso de técnicas de inteligencia artificial, lo cual, esto trabajando en entornos Web en donde la información que se encuentra viajando por las redes esta principalmente en XML, produce un alto trafico además de una necesidad grande y permanente de recursos de computación.

Estas necesidades permanecen como una pregunta abierta, pero una posible repuesta viene de la computación Grid, la cual *“permitirá a las personas compartir poder computacional, bases de datos, instrumentos, y otras herramientas en línea de manera segura a través de limites corporativos, institucionales y geográficos sin sacrificar su autonomía local”* [17] [27].

La computación Grid y los servicios Web están convergiendo [30], lo cual pone abre expectativas respecto al papel que puede desempeñar en arquitecturas como las presentadas en este documento. Al respecto [12] dice *“OGSA(Arquitectura abierta de servicios Grid) puede ser vista como un perfil particular para la aplicación de WS (Servicios Web) estándar . Nosotros hicimos esta elección a causa de la fuerte creencia en los meritos de una arquitectura orientada a servicios y*

en nuestra creencia en que la arquitectura de servicios Web es la ruta mas efectiva a seguir para lograr funcionalidad ampliamente aceptada, orientada a servicios y compilante con estándares de la industria, requerida por los sistemas Grid”.

7. CONCLUSIONES.

Los autores ubican la arquitectura como una propuesta viable, como un paso hacia la solución de lo que Gahegan [13] llama la complejidad asociada al dominio del problema y la complejidad causada por la variabilidad local, dado que, con el uso de la teoría de conjuntos aproximados, se pueden identificar patrones existentes en la información geográfica, ayudando a disminuir y entender su complejidad, ayudados por tecnologías ya disponibles y de cada vez mas amplio y fácil acceso.

REFERENCIAS.

1. Aldridge, Collin. A rough set based methodology for geographic knowledge discovery. <http://www.geocomputation.org/2001/papers/aldridge.pdf>
2. Aldridge, Collin. A theory of empirical spatial knowledge supporting rough set based knowledge discovery in geographic databases. <http://www.commerce.otago.ac.nz/infosci/People/Staff/ColinADocs/thesis.pdf>
3. Aldridge, Collin. Discerning landslide hazard using rough set based geographic knowledge discovery methodology. http://www.business.otago.ac.nz/SIRC05/conferences/1999/27_Aldridge.pdf
4. Berners-Lee, Tim. The web: past, present and future. <http://www.w3.org/People/Berners-Lee/1996/ppf.html>
5. Berners-Lee, Tim et al. The semantic web. A new form of web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?articleID=00048144-10D2-1C70-84A9809EC588EF21&catID=2>
6. Buttenfield, Barbara et al. Geospatial data mining and knowledge discovery. http://www.ucgis.org/priorities/research/research_white/2000%20Papers/emerging/gkd.pdf
7. Camara, Gilberto et al. What's in an image?. http://www.spatial.maine.edu/~fred/fonseca_cosit.pdf
8. Fonseca, Frederico. From Geo to Eco-Ontologies. http://www.spatial.maine.edu/~fred/Fonseca_Martin_Rodriguez.pdf
9. Fonseca, Frederico. Ontology-Driven geographic information systems. <http://www.library.umaine.edu/theses/pdf/FonsecaFT2001.pdf>
10. Fonseca, Frederico et al. Ontologies and knowledge sharing in urban GIS. http://www.personal.psu.edu/faculty/f/u/fuf1/publications/Fonseca_CEUS_2000.pdf
11. Fonseca Frederico et al. Using ontologies for integrated geographic information systems. http://lbdwww.epfl.ch/e/teaching/SlidesST/UsingOntologies_GIS.pdf
12. Foster, Ian et al. The open grid services architecture, version 1.0.. <http://www.gridforum.org/documents/GWD-I-E/GFD-I.030.pdf>
13. Gahegan, Mark. Data mining and knowledge discovery in the geographical domain. http://www7.nationalacademies.org/CSTB/wp_geo_gahegan.pdf
14. Guarino, Nicola. Formal ontology and information systems. <http://www.loa-cnr.it/Papers/FOIS98.pdf>
15. HyperText Markup Language (HTML) Home page. <http://www.w3.org/MarkUp/>
16. Mark, David et al. Ontological foundations for geographic information science. http://www.ucgis.org/priorities/research/research_white/2000%20Papers/emerging/ontology_new.pdf
17. Martin, David et al. OWL-S: Semantic markup for web services. <http://www.daml.org/services/owl-s/1.1/overview/>

18. Miller, Harvey. Geographic data mining and knowledge discovery.
http://www.geog.utah.edu/~hmiller/papers/Handbook_GIS.pdf
19. Open Geospatial Consortium. <http://www.opengeospatial.org/>
20. OWL-S 1.1 Release. <http://www.daml.org/services/owl-s/1.1/>
21. OWL-S: Semantic markup for web services. <http://www.w3.org/Submission/OWL-S/>
22. OWL Web Ontology Language. Overview. <http://www.w3.org/TR/owl-features/>
23. Pawlak, Zdzislaw. Rough Sets : Theoretical Aspects of Reasoning about Data. First edition. Springer. 1991.
24. Percivall, George. ISO 19119 and OGC Service Architecture.
http://www.fig.net/pub/fig_2002/JS4/JS4_percivall.pdf
25. Scalable Vector Graphics (SVG). <http://www.w3.org/Graphics/SVG/>
26. Semantic web. <http://www.w3.org/2001/sw/>
27. The Globus Alliance. <http://www.globus.org/>
28. Tobler, Waldo. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region.
http://www.geog.ucsb.edu/~tobler/publications/pdf_docs/geog_analysis/ComputerMovie.pdf
29. Topic 12: OpenGIS Service Architecture. Version 4.3. <http://www.opengeospatial.org/specs/>
30. Towards open grid services architecture. <http://www.globus.org/ogsa/>
31. World Wide Web Consortium. <http://www.w3c.org>
32. XML Schema. <http://www.w3.org/XML/Schema>
33. XSL Transformations (XSLT). <http://www.w3.org/TR/xslt>
34. Ziarko, Wojciech. A brief introduction to rouge sets. Electronic bulletin of the rouge set community.
<http://www2.cs.uregina.ca/~roughset/rs.intro.txt>

SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN Y DEL CONOCIMIENTO

Una Aplicación a la Sociedad del Conocimiento: Metro Ethernet

Octavio José Salcedo Parra

Universidad Distrital “Francisco José de Caldas,
Bogotá, Colombia,
ojsalcedop@unal.edu.co

Daniel Rodríguez

Universidad Nacional de Colombia,
Bogotá, Colombia
djrodriguez@unal.edu.co

ABSTRACT

Due to the increment in the requirements of the users in the different types of telecommunications nets, of the quantity of users in each net, and even of the quantity of nets that they exist, it is necessary the search of new technologies that they allow to give the users what they need and allow the interconnection among the different nets, without the cost becomes a restrictive one.

For this reason you this spreading to use the technology of Ethernet for Metropolitan and geographically distant environments, looking for the advantages that have been able to check in their use in nets LAN to take advantage.

Presently written a look will be given to what is Ethernet, to what thinks about with the use of Ethernet in metropolitan atmospheres, to the advantages that it presents us on other technologies, and to the restrictive ones that there is been identifying in its use.

Key Words: Backbone, Quality Of Service, Ethernet, EVC, LAN,MAN, MEN, Metro Ethernet Forum,VPN, WAN

RESUMEN

Debido al incremento en los requerimientos de los usuarios en los diferentes tipos de redes de telecomunicaciones, de la cantidad de usuarios en cada red, y aun de la cantidad de redes que existen, es necesario la búsqueda de nuevas tecnologías que permitan dar a los usuarios lo que necesitan y permitan la interconexión entre las distintas redes, sin que el costo se convierta en una limitante.

Por esto se esta tendiendo a utilizar la tecnología de Ethernet para entornos Metropolitanos y geográficamente distantes, buscando aprovechar las ventajas que se han podido comprobar en su uso en redes LAN.

En el presente escrito se dará una mirada a lo que es Ethernet, a lo que se plantea con el uso de Ethernet en ambientes metropolitanos, a las ventajas que nos presenta sobre otras tecnologías, y a las limitantes que se ha identificando en su uso.

PALABRAS CLAVE: BACKBONE, CALIDAD DE SERVICIO, ETHERNET, EVC, LAN,MAN, MEN, METRO ETHERNET FORUM,VPN, WAN

1. INTRODUCCIÓN

ETHERNET (IEEE 802.3) es el estándar que domina por naturaleza las redes LAN (Local Area Network), gracias a su simplicidad, sus prestaciones y su bajo costo, sin embargo este no es usado para entornos Metropolitanos, en parte debido a algunas limitaciones técnicas, tales como sus falencias en el cubrimiento de distancias extensas.

Sin embargo, conociendo las ventajas que Ethernet proporciona en las redes LAN (velocidad, acceso...), se ve la importancia que representa el poder usar esta tecnología en ambientes metropolitanos, o geográficamente extensos, además de las facilidades que implican para su implementación.

Con base en lo anterior se desarrollaron las Redes Ethernet Metropolitanas o MEN (Metro Ethernet Network), estas se definen como redes que cubren o conectan geográficamente LANs empresariales separadas mientras también se enlaza a través de redes WAN que generalmente pertenecen a proveedores de servicios. Las Redes Ethernet Metropolitanas proporcionan servicios de conectividad a través de geografías metropolitanas, utilizando Ethernet como el protocolo central y habilitando aplicaciones de ancho de banda.⁸³

Dado que con las MENs se busca contar con las prestaciones de las LANs en áreas más extensas, es claro que se piensa en dar un valor mayor a este tipo de redes para aprovechar los diferentes aspectos en los que estas superan a las Redes de Área Metropolitana (MAN) y a las Redes de Área Extensa (WAN).

En entornos Metropolitanos, Ethernet tiene el potencial para incrementar las capacidades de la red y ofrecer un amplio rango de servicios de una manera escalable, simple y flexible. Una red Metropolitana basada en Ethernet es conocida generalmente como Red Ethernet Metropolitana o MEN (por sus siglas en ingles). Algunos proveedores de servicios han extendido la tecnología de las Redes Ethernet Metropolitanas también para la Áreas geográficas más extensas.



Figura 1. Tomado de Metro Ethernet Forum

Arquitecturas tradicionales que hoy en día soportan y transportan el tráfico de las redes empresariales, como ATM o Frame Relay, están siendo dejadas de lado para implementar Ethernet, mostrándonos claramente como la utilización de estos tipos de arquitecturas está siendo reevaluada, al punto que en un futuro solo se hablara de Redes Ethernet

⁸³ Tomado de *metro ethernet networks* en www.metroethernetforum.org

Metropolitanas, olvidándonos por completo de conceptos como Redes Metropolitanas o Redes de Area Extensa.

Esto ocurrirá cuando las Redes Ethernet Metropolitanas sean el estándar en redes, permitiendo de esta manera una compatibilidad más efectiva, segura y económica, entre otras características, permitiendo que la comunicación pueda hacerse de forma más simple.

Con redes de características similares a las mencionadas anteriormente es claro que todas las corporaciones implementaran sus redes de esta manera, formando una sola red, a la que todas podrán conectarse, rompiendo una inmensa barrera en lo que a comunicaciones se refiere.

Después de dar una mirada a lo que representarían las Redes Ethernet Metropolitanas, se puede hablar de lo que a mediano plazo proporcionarían. En redes empresariales, Ethernet generalmente cuentan con dos aplicaciones de servicios claves, estas son: Conectividad a la Internet pública, y conectividad entre extensiones LAN de sitios corporativos separados geográficamente. Este último servicio extiende las funcionalidades y alcances de la red corporativa, como se muestra en la Figura 1.

Los enlaces son principalmente punto a punto entre puertos Metro Ethernet, y pueden tener velocidades de 1 Gbps a 10 Gbps. Los nodos pueden ser tanto switches como routers, dependiendo de factores como:

- Su localización en la MEN
- La naturaleza del servicio que está proporcionando
- El nivel de recuperación del sistema (protección de la red)

Los nodos de la red son conectados entre sí el grado que sea necesario para proporcionar la conectividad, los servicios y la protección que el usuario desee tener en su red.

2. VENTAJAS DE METRO ETHERNET

Los servicios de Ethernet se clasifican topológicamente en E-Line (punto a punto), o E-LAN (multipunto a multipunto). Los servicios pueden ser adicionalmente clasificados de acuerdo al ancho de banda proporcionado y si puede ser exclusivo o distribuido a través de múltiples usuarios. El ancho de banda puede ser proporcionado sobre demanda por ejemplo, entre 1 Mbps a 10 Gbps.

Para obtener variantes en los grados de protección con que cuente el servicio de Ethernet, se puede realizar la implementación de una combinación de técnicas de seguridad de redes tales como extremo a extremo, o nodal.

Cuando se utiliza Metro Ethernet, la Calidad de Servicio (Quality of Service o QoS), se obtiene mediante técnicas, tales como abastecerse tanto con ancho de banda “duro” como “suave”, y proporcionando garantías en la pérdida de paquetes. Así como con la protección de la red, la calidad en el Servicio puede ser extremo a extremo o nodal.

Uno de los principales problemas en las redes geográficamente extensas, son los cuellos de botella que se presentan con los anchos de banda de las redes. Mediante el desarrollo de plataformas basadas en Giga Ethernet para áreas metropolitanas, se obtiene una forma, comercialmente probada, de romper estos cuellos de botella. Esto se consigue debido a factores como: costos más efectivos, rápido abastecimiento sobre demanda, basarse en paquetes, fácil de interconectar. Estos factores serán ampliados a continuación.

Con Metro Ethernet se consiguen costos más efectivos, dado que los costos de infraestructura de los equipos son menores que los de Frame Relay o ATM, además de esto ya se encuentra instalada una base de Ethernet, que disminuirá los costos del desarrollo y de los materiales, además de la relativa simplicidad técnica de Ethernet.

Desde la perspectiva de un proveedor de servicios, la velocidad en el servicio es un diferenciador competitivo clave. Los servicios de acceso Ethernet, ofrecen un amplio rango de velocidades que van de 1Mbps hasta 1Gbps, en rangos de 1Mbps o menores, los cuales pueden ser proporcionados rápidamente sobre demanda, esta no puede ser suministrada a través de los sistemas heredados de TDM y ATM.

Ethernet es una tecnología basada en tramas asincrónicas, dándole la ventaja de la flexibilidad sobre la rigidez de sus competidores síncronos o basados en celdas.

Con el uso de Ethernet es posible remover una capa de complejidad (por ejemplo ATM y SONET), de los accesos WAN. Esta característica reduce requerimientos en la configuración y permite una manera simple para la migración entre altas y bajas velocidades. Debido a esto, es relativamente simple integrar y adaptar sistemas del consumidor final a servicios Metro Ethernet.

3. LIMITACIONES

Sin embargo, a pesar de la gran cantidad de beneficios que puede proporcionar Ethernet, no se puede decir que no tenga ciertos inconvenientes, los cuales se mencionan a continuación.

QoS extremo a extremo garantizado: esto debido a que existe una serie de elementos intermedios que afectan la percepción del cliente sobre el servicio entre el extremo y un punto de la red. Para mejorar esto es necesario que Ethernet establezca mecanismos de calendarización y políticas para mantener un acceso confiable, garantizar el establecimiento de caminos óptimos a través de la red, priorización a los paquetes, entre otros.

Mecanismos de Protección: dado que los orígenes de Ethernet se encuentran en el Espacio LAN, ha tenido mecanismos de protección limitada en los casos en que ocurran rupturas en la red.

La lenta recuperación después de las fallas, dado que la recuperación en redes Ethernet se basa en algoritmos de árboles de expansión, los cuales dependen del tamaño de la red contrasta con los APS (Automatic Protection Switching), habilitados en redes SONET, que pueden resolver estos mismos problemas en tiempos cuyos ordenes de magnitud son mucho menores y mas adecuados para aplicaciones criticas como los son video o voz.

También la falta de capacidad de aislamiento a las secciones, líneas o caminos de la red que no tengan un funcionamiento correcto, y que si se encuentra en SONET.

Escalabilidad y utilización de los recursos de la red: una de las ventajas de Ethernet en los entornos o ambientes empresariales es la capacidad de obtener particiones lógicas para diferentes grupos de usuarios sobre la misma red física, mediante el uso del concepto de LANs virtuales (VLANs). Al transportar la VLANs a un ambiente Metropolitano, en el cual un grupo de usuarios podría referirse a una compañía, plantea algunas limitaciones. El estándar IEEE 801.Q define

un espacio de direcciones de únicamente 4096 etiquetas, este número no es suficiente para proporcionar un servicio adecuado para un cliente grande.

Estas limitaciones están siendo tratadas para poder ser superadas, a continuación se mencionaran algunas tecnologías existentes que podrían ayudar a superar estas limitaciones.

Una forma de proporcionar servicios responsables es mediante sobre aprovisionarse de un servicio más potente. Sin embargo, esta solución no es viable económicamente a largo plazo, a diferencia de MPLS (Multi Protocol Label Switching), una tecnología de backbone en los niveles 2 y 3 para carrier que reemplaza tráfico IP sobre ATM o Frame Relay, que además puede ser usado para manejar algunas limitaciones de QoS, debido a su capacidad de proporcionar direccionamiento de tráfico, proporciona canales garantizados de ancho de banda, tiene una inherente capacidad de diferenciación de paquetes, y la posibilidad de correr en Ethernet o en cualquier otro transporte.

En cuanto al grado de protección que se requiera el usuario, es necesario aclarar que este puede garantizarse mediante la utilización de algunas tecnologías que se han estado implementando en la industria y se han propuesto en algunos estándares como:

- IEEE 802.1s (Múltiples árboles de expansión) tiene el propósito de permitir más de un bucle libre en un ambiente VLAN.
- IEEE 802.1w (Rápida reconfiguración del árbol de expansión) que implementa un algoritmo de convergencia rápida, que aunque eficaz no es comparable con los tiempos que se obtienen con otras tecnologías.
- IEEE 802.3ad (Agregación de enlaces) proporciona otra forma para cubrir las fallas en grupos importantes.
- IEEE 802.17 (Anillo de paquetes de recuperación fácil) grupos de trabajo están defendiendo un protocolo de protección en anillo, que les proporciona tiempos de recuperación muy pequeños (inferiores a 50 mseg).

Ciertos fabricantes de equipamientos para redes frecuentemente abastecen equipos que incrementan el espacio habilitado de etiquetas de las VLANs, a través de varios esquemas de “amontonamiento” de etiquetas. De esta manera es posible una mayor utilización de los recursos de la red

4. SERVICIOS

Hasta ahora se ha dado una introducción de lo que es Metro Ethernet, de los beneficios que presenta y de las limitaciones que se presentan y que deben ser solucionadas para conseguir que se masifique su uso y puedan aumentarse los beneficios tanto para proveedores como para usuarios finales. Además de esto es necesario conocer como es el servicio de Ethernet, el cual va a ser aplicado a entornos Metropolitanas, de forma que se pueda conocer de una manera más clara las ventajas que se obtienen.

El modelo básico del servicio de Ethernet es proporcionado por el proveedor de la Red Metro Ethernet (MEN o Metro Ethernet Network), el Equipo Cliente (CE o Customer Equipment), se enlaza a la red en las Interfaces Usuario-Red (UNI o User-Network Interface), usando una interfaz Ethernet estándar de 10Mbps, 100Mbps, 1Gbps o 10Gbps.

Un atributo clave en el servicio de Ethernet son las Conexiones Virtuales Ethernet (EVC), las cuales se definen como una asociación de dos o más UNIs⁸⁴, donde esta es una interfaz estándar de Ethernet, que es el punto de demarcación

⁸⁴ Definición de Metro Ethernet Forum

entre el Equipo Cliente (CE) y el proveedor de servicio de la MEN.

Los EVCs básicamente cumplen dos funciones, conectar dos o mas UNIs habilitando la transferencia de frames del servicio Ethernet entre ellos, y evitar la transferencia de datos entre sitios suscritos, que no hagan parte de la misma EVC.

Dos reglas básicas dominan las entregas de los frames a través de las EVCs, la primera es que un frame nunca deberá ser entregado de vuelta a la UNI en la que origino. La segunda es que los frames deben ser entregados con la dirección MAC y con sus contenidos intactos. Lo cual contrasta con las típicas redes enrutadas, en las que los encabezados de los frames son removidos y descartados.

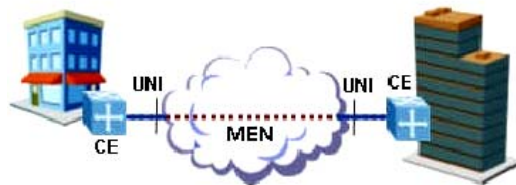


Figura 2. Tomada de Metro Ethernet Forum

Basado en estas características, una EVC puede ser usada para construir una Línea Privada de capa 2 o Red Privada Virtual (VPN)⁸⁵. El Metro Ethernet Forum definió dos tipos de EVC:

- Punto a punto
- Multipunto a multipunto

Sin embargo los servicios de Ethernet no se rigen estrictamente por estas características y en cambio pueden variar de muchas formas. Algunos de los atributos a partir de los cuales se pueden diferenciar los servicios son:

- Interfaz Ethernet física
- Parámetros de tráfico
- Parámetros de desempeño
- Clases de servicio
- Servicio de entrega de los frames
- Soporte de etiquetas de las VLANs
- Servicio de multiplexación
- Empaquetamiento
- Filtros de seguridad

A partir de estos parámetros el Metro Ethernet Forum definió dos tipos de servicios, sin que esto quiera decir que en el futuro no se definan otros servicios. Estos dos servicios son:

⁸⁵ Se debe diferenciar esta de las VPNs de IP
451

- Ethernet line (E-Line) o punto a punto
- Ethernet LAN (E-LAN) o multipunto a multipunto

Servicio E-LINE

El servicio E-Line proporciona una EVC punto a punto entre dos UNIs (Figura 2).

De esta manera simple, el servicio E-Line proporciona un ancho de banda simétrico para datos enviados en ambas direcciones.

El servicio de multiplexación de más de un EVC puede ocurrir en una, ninguna o ambas de las UNIs, es decir, que más de una EVC puede ser ofrecida en el mismo puerto físico de una de las UNIs.

Un servicio E-Line puede ser usado para construir servicios análogos a Frame Relay o líneas privadas arrendadas.

Servicio E-LAN

El servicio E-LAN proporciona conectividad multipunto, es decir, se pueden conectar dos o más UNIs (Figura 3).

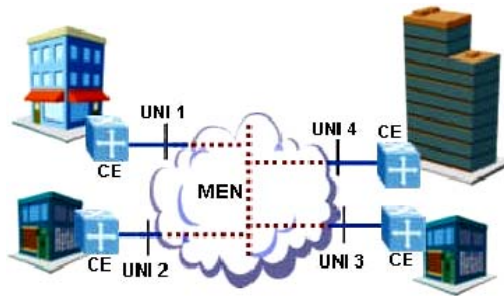


Figura 3. Tomada de Metro Ethernet Forum



Figura 4. Ubicación sedes Edusoft (Adaptado de Enciclopedia Microsoft Encarta)

Los datos enviados por los suscriptores de una UNI pueden ser recibidos en una o más de las otras UNIs. Cada UNI se conecta a una EVC multipunto. Como las nuevas UNIs se adicionan con solo conectarlas a la EVC, se está simplificando el abastecimiento y la activación de servicios. Desde el punto de vista de un suscriptor, un servicio E-LAN hace ver la MEN como una LAN.

Un servicio E-LAN puede ser usado para conectar únicamente dos UNIs. Aunque esto puede parecer muy similar a una E-Line, existen diferencias significativas.

Cuando en un servicio E-Line se adiciona una nueva UNI, se debe agregar una nueva EVC para conectar la nueva UNI a otra ya existente. Mientras tanto en un servicio E-LAN, solo es necesario adicionar la nueva UNI a la EVC existente, sin necesidad de incluir una EVC adicional. De esta manera la nueva UNI puede comunicarse con todas las demás UNIs de la MEN, en el servicio E-Line esto solo se puede dar adicionando EVCs adicionales entre todas las UNIs. Es decir, con un servicio E-Lan se pueden interconectar un gran número de sitios con menos complejidad que los enmallados o conexiones trabadas con hub que se implementarían usando tecnologías punto a punto.

5. APLICACIÓN

A manera de ejemplo se mostrara la situación simulada de una empresa que cuenta con diversas sucursales distribuidas dentro de una misma ciudad, la cual implementa una MEN para interconectar sus sedes.

5.1 Situación

La empresa Edusoft cuenta con 4 redes en la ciudad de Bogota, las cuales se encuentran ubicadas en el Centro (Calle 19 N° 3-44), Suba (Carrera 112 N° 128-50), Usaquen (Av. Carrera. 9ª N° 163-25) y Tunal (Av. Boyacá N° 60-13 sur), ver Figura 4.

En la figura 4 se puede observar la ubicación geográfica de las sedes, y la gran extensión que será cubierta mediante la implementación de la Red Ethernet Metropolitana.

Los requerimientos de la empresa son específicamente:

- Acceso dedicado a Internet: buscando altas velocidades para el soporte de sus aplicaciones, que permitan por ejemplo, el acceso a videoconferencias por parte de los usuarios de la red.
- Extensión de LAN: para que las cuatro sedes puedan interconectarse entre sí a altas velocidades como si fuera la misma LAN.
- Soporte para la ejecución de servicios multimedia entre diferentes estaciones de trabajo que se encuentren en todas las sedes.

Para efectos de proveer banda ancha a 10Gbps se opta por realizar tendidos de fibra óptica monomodo 125/9µm entre los sedes, generando redundancia con enlaces de respaldo. En cada nodo se ubican switches apilables de la marca Cisco Catalyst 3750-12S, que soportan 12 puertos de fibra óptica cada uno a 10Gbps.

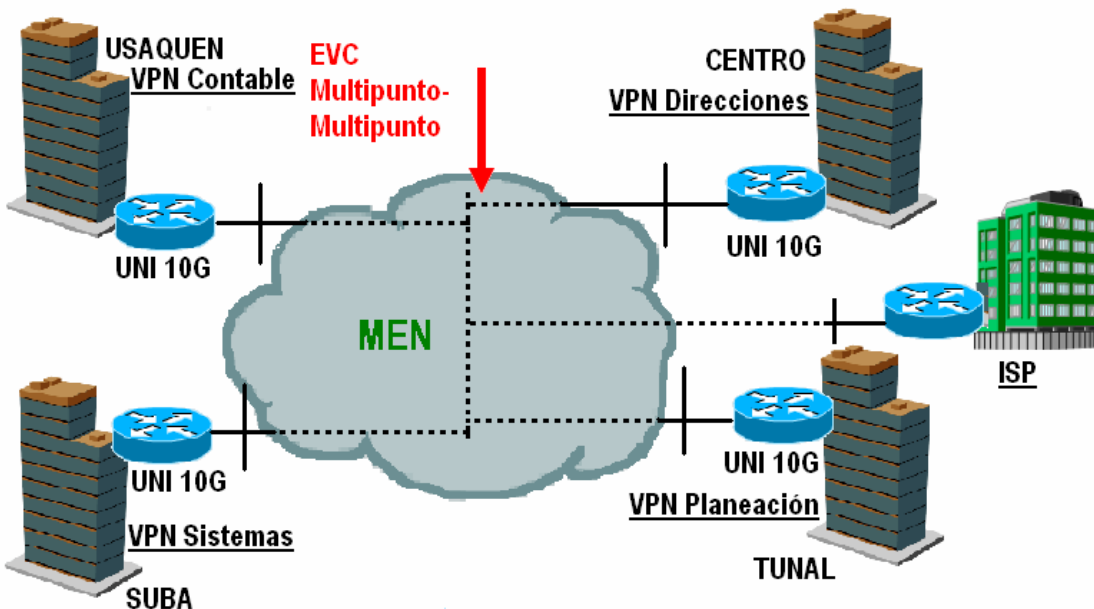


Figura 5. Configuración MEN EduSoft

Para garantizar el requerimiento del acceso a Internet, se tiene el uso de EVCs para proveer caminos ideales que conecten al usuario con el proveedor de servicio de Internet.

En cuanto a la extensión de la LAN, se realiza mediante el servicio E-LAN, ya que se van a conectar más de dos sitios. Teniendo esta red se crean las EVCs necesarias, para la construcción de las VPNs que interconectarán los diferentes grupos de trabajo que para el caso incluyen las Direcciones de las cuatro sedes; las subdirecciones de Sistemas de la sede Centro y de la sede Suba; la dirección Contable en la sede Usaquen y la dirección Financiera en la sede Centro; y la última VPN esta formada por los departamentos de Planeación que se encuentran en todas las sedes.

La conexión de esta MEN será similar a la que se observa en la Figura 5. Por medio de esta es posible garantizar a la empresa, no solamente el acceso dedicado a Internet y la extensión de su LAN, que eran los requerimientos iniciales,

sino que además es posible proporcionar QoS extremo a extremo, con el EVC multipunto, Mecanismos de protección, ya que con las VPNs se cierran mas los grupos de trabajo, y la información se mantendrá mas reservada, y se aprovechara en mayor medida los recursos de la red pues será mucho mas rápida dentro de la sede y permitirá el acceso entre estaciones de trabajo de las distintas sedes como si estas estuvieran cercanas.

6. PERSPECTIVAS

Como se dijo anteriormente en este artículo Metro Ethernet cuenta con una serie de ventajas que le permitirá convertirse en el estándar mundial, sin embargo, es necesario que se trabaje mucho para lograrlo, a continuación se presenta algunas noticias sobre lo que las compañías realizan en la búsqueda de ese estándar.

Para el presente año BellSouth planea dar un giro a sus servicios de Metro Ethernet, permitiendo la presencia de múltiples clases de servicio por puerto, admitiendo voz realizada y transmisión de video para sus usuarios.

A mediados de año, Bellsouth mostrara sus Servicios Virtuales de Ethernet (Virtual Ethernet Services), los cuales soportaran cuatro clases de servicios implementados sobre una VLAN base. Estos Servicios Virtuales de Ethernet serán la base de un Servicio Metro Ethernet de capa 2

Cisco apunta a los proveedores para construir la siguiente generación de sus redes mediante el uso de Ethernet. Esto ya que Ethernet generalmente cuesta menos que las tecnologías tradicionales de transporte, y los servicios basados en Ethernet pueden dar a las empresas un interfaz familiar para trabajar con una mejor selección de servicios.

La carencia de una interfaz estándar entre diversas redes de transporte, esta impidiendo planes de transporte que amplíen los servicios virtuales de Ethernet en una escala global. El Metro Ethernet Forum esta trabajando en una Interfaz Red a Red (Network-to-network Interface), que describirá como los proveedores pueden pasar sus servicios entre sus redes. Esta especificación se ha estado trabajando desde hace unos tres años y los voceros del Metro Ethernet Forum dicen que podría estar terminada para este año.

7. CONCLUSIONES

Con el aumento en el uso de las MENs, se empieza a generalizar el concepto de LAN, pensando entonces en una red que interconecte grandes espacios geográficos (ciudades, países, continentes), a la cual se conectaran los diferentes usuarios, brindando una serie de beneficios, además de reevaluar conceptos tales como MAN o WAN.

Las MENs están en procura de estandarizarse, y se están buscando los mecanismos necesarios para poder sobrepasar las limitaciones que aun se presentan, para sacar provecho a las ventajas que posee tales como velocidad de acceso, ancho de banda, facilidad de acceso, QoS, economía entre otras.

Debido a los beneficios aportados a través de la utilización de la tecnología de Ethernet en entornos Metropolitanos, las empresas del área de redes están dedicando grandes esfuerzos a la creación y mejoramiento de equipos que permitan soportarla y garantizar aspectos importantes como la seguridad de la red, la calidad del servicio (QoS), y el

aprovechamiento de los recursos de la red..

8. BIBLIOGRAFÍA

1. “*Metro Ethernet Networks – A Technical Overview*”. Mark Whalley, Dinesh Mohan. Agosto 2003. www.metroethernetforum.org
2. “*Metro Ethernet Services – A Technical Overview*”. Ralph Santitoro. Octubre 2003. www.metroethernetforum.org
3. “*Cisco Metro Ethernet Access Services*”. 2004. www.cisco.com/go/metroethernet
4. “*CISCO METRO ETHERNET BUSINESS OVERVIEW FOR SERVICE PROVIDERS*” 2004. www.cisco.com/go/metroethernet
5. “BellSouth to roll out Virtual Ethernet Service”. Jim Duffy. Julio 2005. www.NetworkWorld.com
6. “Cisco adds more carrier Ethernet products”. Stephen Lawson. Febrero 2006. www.NetworkWorld.com
7. “Dearth of standard stalls Ethernet services”. Jim Duffy, Tim Greene. Junio 2005. www.NetworkWorld.com

Gestión del Conocimiento y Estructura Empresarial en una Organización Estudiantil Sin Animo de Lucro

Sandra M. Suárez

Universidad Distrital Francisco José de Caldas,
Ingeniería Electrónica,
Bogotá, Colombia
sandramilena@ieee.org

Víctor J. Martínez

Universidad Distrital Francisco José de Caldas,
Ingeniería Electrónica,
Bogotá, Colombia
victortico@ieee.org

ABSTRACT

The management work at IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) Student Branch at Universidad Distrital Francisco José de Caldas is a successful case with the proposal “Knowledge Management and Marketing Developing Plan”. This proposal was based in 43 years of experiences, which had built it as a solid and stable organization. The challenge had been to make real the continuity in this process, feeding back the results in order to be possible an efficient knowledge management, and to use an appropriate marketing strategy. It is important to recognize that systems are not just text processors or data bases available to keep information; systems exceed this limit, systems should be seen as a necessary condition to take into account by the strategic manager because they generate very important information about where is the business, which is its performance and how it will project in the short term.

Keywords: Knowledge Management, Marketing Plan, strategic management, volunteers.

RESUMEN

La labor administrativa de la Rama Estudiantil IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas es un caso de éxito con el desarrollo de la propuesta llamada “Knowledge Management and Marketing Developing Plan”, que fue fundamentada sobre la experiencia de 43 años de trabajo, que la han constituido como una organización sólida y estable. El reto ha sido lograr la continuidad de este proceso realimentando los resultados para lograr una eficiente gestión del conocimiento, y hacer uso de una estrategia apropiada de mercadeo. Reconociendo que los sistemas no se constituyen como procesadores de texto o bases de datos disponibles para guardar información, sino que trascienden en su rol empresarial, vislumbrándose como una condición necesaria para la gerencia estratégica ya que ellos generan información crucial sobre dónde está ahora el negocio, cuál es su desempeño y cómo se proyectará a corto plazo.

Palabras claves: Knowledge Management, Marketing Plan, gerencia estratégica, voluntariado.

1. INTRODUCCION

En el campo de la gestión del conocimiento y el valor productivo que puede llegar a tener ha sobrepasado los límites de una economía industrial, ocupando un puesto vital ante la era de la información que se está viviendo actualmente alrededor del mundo. Por tal razón, debe ser preocupación de los gerentes y empresarios el manejo adecuado de la información a favor del crecimiento y productividad de la empresa. Si bien las compañías se han desarrollado desde un pasado industrial, se encuentran sumergidas en medio de un giro drástico de sus actitudes hacia el mercado y los clientes, así que se hace notoria la necesidad de conocimiento para enfrentarse a la complejidad de ofrecer más que un producto, proporcionando servicios que añadan valor y fomenten la innovación [8], ejemplo de esto se observa a diario en Colombia y el mundo: Sony (reconocida mundialmente en producción y comercialización de equipos electrónicos) se interesa en proporcionar servicios de Telecomunicaciones, Avantel (empresa colombiana de telecomunicaciones móviles y operador principal de trunking) comenzó a ofrecer WiFi a clientes corporativos, Codensa (empresa de energía eléctrica de Bogotá) está financiando electrodomésticos. Esta es la prueba fehaciente de que las compañías ya no pueden sobrevivir si se crean solamente para competir, también deben hacerlo para perdurar [8].

Al observar éstas nuevas estrategias en el ámbito laboral, se observó que como corporación sin ánimo de lucro, la Rama Estudiantil del IEEE de la Universidad Distrital, debía afrontar los retos de la sociedad actual con cambios organizacionales y manejo eficiente de la información. Esta necesidad fue detectada por las siguientes cinco razones y oportunidades: 1) Esta corporación tiene 43 años de existencia, en los últimos cinco años ha reflejado un crecimiento de miembros de un 40% a 70% y de colaboradores en un 100%; 2) ha adquirido equipos de informática con los cuales se ha logrado prestar un servicio a la comunidad, mejora de velocidad y eficiencia en comunicación interna y externa, y mejora en la administración de los demás recursos (dinero, hemeroteca, biblioteca, capital humano, informes de gestión, equipos de laboratorio, sala de estudio, inmuebles y equipos multimedia); 3) se requería un manejo más organizado de los recursos dado su aumento progresivo en cantidad y calidad; 4) los voluntarios son estudiantes de la Universidad Distrital, los cuales tienen la oportunidad de hacer que su experiencia dentro de la corporación de válida en su futuro profesional; y, 5) las exigencias de los clientes aumentaron con la disponibilidad de los recursos.

Por esto, desde el año 2003, se viene desarrollando el Knowledge Management and Marketing Developing Plan. En este artículo se presentan los resultados parciales de este proyecto hasta el 2005, en el cual se culminó la etapa de propuesta e inserción inicial de estrategias. Actualmente el proyecto continúa en etapa de evaluación y reestructuración.

2. ANTECEDENTES

El manejo administrativo de la Rama Estudiantil IEEE de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas ha sido reconocido por sus grandes resultados y por eso se ha expuesto como un caso de éxito en diversas oportunidades. Esto lo ha logrado gracias a los pilares que la hacen fuerte, los cuales han sido construidos en 43 años con constancia y empeño. Su variedad de recursos ha sido obtenida como producto del trabajo continuo, y a través de donaciones conseguidas por medio de la red de miembros de la misma Rama. Por esa razón, hoy en día, se cuenta con una de las colecciones de publicaciones IEEE más grandes de Latinoamérica, así como con una red LAN, servidor propio, sala de estudio, laboratorio de electrónica y sistemas, y una cantidad de reconocimientos que la destacan como una de las mejores y más organizadas del país. Esta situación ha sido la motivación para la búsqueda de una mejor administración y por eso a finales del año 2003 el presidente de la compañía, para ese entonces, Mauricio Rodríguez, en conjunto con su equipo de trabajo propuso el Knowledge Management and Marketing Developing Plan, cuya propuesta fue celebrada en el 2004 por el Presidente de IEEE mundial, éste proyecto tiene una vigencia de cinco años para presentar los resultados finales, así que la labor de cada comité ejecutivo anual será hacer los aportes convenientes para alcanzar el objetivo principal que es prestar un servicio eficiente orientado al cliente y al reconocimiento por medio de la administración del conocimiento y el desarrollo del mercadeo de los productos y servicios de la Rama.

Este proyecto surgió y continuará su proceso, ya que los miembros de la Rama, como líderes estudiantiles voluntarios, han probado la gran fuerza de su ego, la aptitud para pensar estratégicamente, y la creencia en principios fundamentales del comportamiento social humano. Han sabido utilizar el poder para el bien de la corporación. De esta forma se plantea también que las personas que continúen con el proyecto tengan la cualidades del líder del futuro: facilitador, evaluador, pronosticador, asesor y activador [5]. Con tales actitudes este proyecto llegará a feliz término cumpliendo los plazos establecidos (2008).

3. DESCUBRIENDO LA OPORTUNIDAD Y EXPLOTANDO LAS FORTALEZAS

Dado que la Rama es administrada por un talento humano, para alcanzar la meta se hace necesario, descubrir sus cualidades generales y ser conscientes de sus aptitudes individuales que le aportan al trabajo en equipo. Después de sesiones de concientización y reuniones de grupo se descubrió que todas las personas tienen en común las actitudes claves para triunfar: voluntad, lucidez, optimismo, humor, creatividad, perseverancia y capacidad de adaptación [7]. A nivel individual, cada persona debió redactar un ensayo acerca de sus propias expectativas y contribuciones a la institución y con base en éstas, la persona se somete a un juicio por votación, y de esta forma, ser elegida o no en su cargo por la comunidad. Este proceso se considera muy importante y permite que cuando el equipo de trabajo está conformado las personas sean idóneas para sus correspondientes responsabilidades.

En cuanto a las fortalezas por recursos físicos, actualmente la Rama es una de las pocas de Colombia que cuenta con un espacio físico de 80 metros cuadrados, con una red de computadores, con instrumentos de laboratorio de electrónica y una gran hemeroteca con más de 8000 ejemplares, que ha servido de consulta a todas las generaciones de miembros IEEE de la Universidad Distrital y es un gran orgullo para el país. La Rama, presta servicios de afiliación y renovación de membresías. Tiene su propio servidor, página Web y cuentas de correo. En esta página se encuentra mucha información valiosa como la documentación en español de una gran cantidad de documentos que solicita IEEE, entre ellos el procedimiento necesario para crear una Rama, con lo cual se está apoyando el trabajo de IEEE en Latinoamérica que en su mayoría es de habla hispana, además de promover la creación de nuevas corporaciones estudiantiles a favor de la preparación de estudiantes para el campo laboral y administración de negocios.

Esta actitud positiva frente al conocimiento de las grandes capacidades de los estudiantes no sólo le aporta a la corporación sino al bienestar colectivo de la sociedad, planteándose como un escenario que combate la violencia por medio de la creatividad [6], la renovación de actitudes, el aprendizaje en equipo, el descubrimiento del propio ser y su relación con los demás. Por eso, esta etapa de identificación de fortalezas, que se llevó a cabo durante el 2004, fue vital para el inicio de este proceso.

Al analizar las diferentes posibilidades para darle un enfoque dinámico y empresarial a la Rama, es inevitable pensar acerca de los cambios que podría vivenciar la organización en su totalidad, ya que la corporación es una comunidad cuyas partes están conectadas entre sí, cuando una parte interactúa con otra quedan afectadas todas las demás; cuando una parte cambia, todas las demás deben de efectuar los ajustes necesarios para acomodarse a ese cambio [3]. Con éste proyecto, y su aplicación práctica se cambiará irreversiblemente la organización de la corporación, pero sin duda alguna, se hace de forma responsable y con la posibilidad de ajustarse a los resultados parciales.

4. DESARROLLO GERENCIAL EN BUSCA DE LA CALIDAD

Al comprender la importancia que tenía la gestión empresarial usando el análisis de la información, se identificó que la renovación empresarial debía darse desde todas las fortalezas reconocidas comenzando por el capital humano y el aprovechamiento de los recursos informáticos que se mostraron como los que podían representar mayor valor en el proceso. Las estrategias se visualizaron tanto a favor del manejo del conocimiento como el desarrollo de un plan de mercadeo efectivo.

Así que estructuralmente se planteó la integración del enfoque del objetivo del proyecto a través de las capacidades de las que ya se ha hecho conciencia. Esta estructura se resume en el diagrama de la figura 1.



Figura 1. Integración del enfoque

Cuando se piensa en el manejo del conocimiento, siempre se le asocian las herramientas informáticas como bases de datos, memorias, procesadores, entre otros. Y aunque éste se consideró como un punto clave para iniciar los cambios, fue indispensable relacionar éstos recursos con la gestión estratégica de la información manejada. Esto permite conseguir un equilibrio, prestando atención al impacto de la informática y la necesidad de diseñar la estructura organizativa en consecuencia. Así que se decidió tomar este modelo de [8], ya que este nuevo enfoque se basa en el valor y de añadirlo constantemente. Se identificaron cuatro áreas clave: mercado y estrategia, estructura y procesos, personas y motivación, y conocimiento y sistemas. Para lograr la integración entre ellas se debían tener seis capacidades: Producción (utilizar la aplicación adecuada de conocimiento en sistemas de estructuras), Respuesta (empleando estructura descentralizada para afrontar el mercado), Anticipación (Captar la visión global de las discontinuidades del mercado futuro), Creación (motivar a las personas para generar nuevo conocimiento), Aprendizaje (aprender de las experiencias propias y ajenas) y Perduración (compromiso de la compañía por medio de un sentido de propósito).

Esta propuesta permitió realizar varios cambios en la estructura organizacional de la compañía desarrollando y potencializando las capacidades mencionadas. Las estrategias más importantes para lograrlo se presentan a continuación.

Capacidad de Producción

La Rama tendrá una organización horizontal sin jerarquías enfocada en procesos. La tarea del comité ejecutivo será estimular la organización y no controlarla. Deberá proporcionar los sustentos estratégicos, promover el continuo aprendizaje y evaluar los resultados de los procesos.

Capacidad de Respuesta

Se crearán subcomités, que permiten identificar claramente las responsabilidades, haciendo más fácil el acceso a la información requerida y agilizando la respuesta, tanto a nivel interno como ante el cliente.

Capacidad de Anticiparse

Con los registros actuales que presentan la información y estadísticas de administración actual de recursos se está considerando la reestructuración física de los espacios de trabajo, inversión en mantenimiento preventivo y capacitación del voluntariado en talleres de comunicación y expresión tanto oral como escrita, en inglés y español. Además se adquirieron equipos con tecnologías más recientes, permitiendo ofrecer mejores servicios.

Capacidad de Crear

Se busca tener una ventaja estratégica con la capacidad de combinar y aplicar las tecnologías para ponerlas al servicio de la comunidad. A cada miembro del comité se le permite proponer proyectos aplicando sus capacidades creativas pero siempre que esté basado en la experiencia previa y la responsabilidad.

Capacidad de Aprendizaje

El conocimiento es el arma principal que tiene una compañía para triunfar, así que será de gran importancia las capacitaciones y socialización de experiencia.

Capacidad para Perdurar

La Rama es una institución que reúne 43 años de experiencia, ya ha demostrado ser una empresa sólida, pero para perdurar debe enfocarse en el valor agregado de sus productos y servicios.

5. APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA

Como muestra la figura 2, existen tres niveles fundamentales de planeación: el estratégico, táctico y operacional [1].

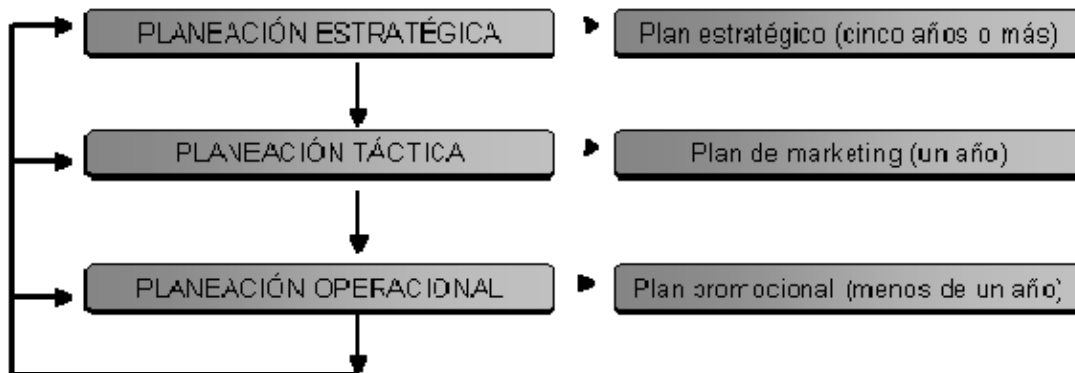


Figura 2. Los tres niveles de planeación

La planeación estratégica se ha planteado teniendo en cuenta los pasos necesarios que son: el análisis de las perspectivas más probables de la economía, del sector y la empresa; la identificación de problemas, oportunidades y riesgos; relación del plan con fortalezas y debilidades actuales; identificación de los factores clave de los que dependerá el éxito del plan; evaluación de recursos; comunicación y motivación de los actores; planeación de posibles alternativas; implementación y mantenimiento [4].

En la tabla que se presenta a continuación en la figura 3, se observa una de las propuestas en donde el uso de las herramientas informáticas permitirán fortalecer el principal producto que ofrece esta compañía: La afiliación al IEEE. Se presenta como ejemplo tangible de la renovación corporativa que se propuso en el numeral anterior.

BENEFICIOS DE LA MEMBRESÍA ESTUDIANTIL IEEE A NIVEL MUNDIAL	BENEFICIOS ADICIONALES DE LA MEMBRESÍA ESTUDIANTIL IEEE EN LA RAMA IEEE U.D.
Recepción revista Spectrum mensualmente	Recepción revista Enlace anualmente
Alias de correo electrónico @iee.org	Correo electrónico de 10Mb @iee.udistrital.edu.co
Inscripción a los periódicos virtuales: "The Institute", "Noticieero" y "Noticias Relevantes"	Inscripción al periódico virtual EnRama2
Ingreso a la comunidad virtual de IEEE Latinoamérica	Ingreso a la comunidad de miembros IEEE U. Dsitrital
Búsqueda de artículos en el motor Ieexplorer	Búsqueda de artículos en la base de datos de la Hemeroteca Kazys Gabriunas (12000 ejemplares)
Búsqueda de trabajo en el JobSite de IEEE	Acceso a ofertas laborales en Colombia por medio de la lista de correo de miembros.
	Acceso a Aulas Virtuales con diferentes temas académicos.

	Acceso al chat para comunicarse en tiempo real con otros miembros de la Rama alrededor del mundo.
	Descuentos en actividades internacionales, nacionales y cursos organizados por la Rama, desde un 10% hasta el 100% del valor para el público.
	Posibilidad de participación en grupos de trabajo e investigación de la Rama.
	Invitación a visitas técnicas a empresas de la ciudad y alrededores.
	Invitación a concursos en distintas áreas técnicas.
	Goce de beneficios por alianzas estratégicas de la Rama con otras empresas.

Figura 3. Tabla de Beneficios de membresía estudiantil al IEEE, ofrecidos a nivel mundial y por la Rama Estudiantil del IEEE de la Universidad Distrital

Como se puede observar, el valor agregado de la membresía que ofrece la Rama se encuentra enfocado principalmente en el uso de las herramientas informáticas y el aprovechamiento del plan estratégico del manejo del conocimiento, y así se puede garantizar una alta calidad del producto, cuyo valor estará aumentando conforme se aprovechen más las plataformas tecnológicas en mención. Dicho valor, se puede ofrecer gracias al compromiso empresarial de cada uno de los miembros del comité ejecutivo, subcomités y demás colaboradores.

En cuanto a la planeación táctica se ha escogido principalmente una estrategia de capacitación del personal para conocer y promover el producto en el mercado.

Y para la planeación operacional, ya se han realizado algunos cambios en el reglamento de la compañía en cuanto al uso de recursos. Se ha promovido el producto por diferentes medios publicitarios como publicaciones escritas y virtuales, espacios web y carteles físicos. Pero especialmente se ha concentrado la estrategia en el servicio al cliente y manejo de la información actualizada del producto ofrecido.

Para conseguir el éxito del proyecto es de vital importancia la capacidad de articulación de la visión de los comités ejecutivos de los próximos tres años y que sea coherente con las expectativas y cambios en el medio y mercado actual [2].

6. CONCLUSIONES

La Rama Estudiantil del IEEE de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, está pasando por un proceso de cambios en el cual el plan estratégico propuesto está arrojando resultados, como por ejemplo la posibilidad de ofrecer mejores servicios a los clientes, el valor agregado que se le ha dado a la membresía, los diferentes espacios académicos que se han abierto, el aumento de miembros, la ampliación del mercado, o el reconocimiento de este esfuerzo ante otras entidades.

El proceso ha conseguido la potencialización de las seis capacidades: Producción, Respuesta, Anticipación, Creación, Aprendizaje y Perduración; con las cuales se logró la integración de cuatro áreas clave: mercado y estrategia, estructura y procesos, personas y motivación, y conocimiento y sistemas. Esta estrategia ha permitido conseguir resultados importantes, por lo tanto está demostrado que el camino que se está siguiendo es el correcto para realizar una renovación dinámica de la organización por medio de la planeación estratégica.

Crear el valor mediante la gestión del conocimiento permite controlar la información existente y la nueva con eficacia, conectividad e innovación.

REFERENCIAS

- Ambrosio V. *Plan de Marketing*; Bogotá: Pearson Educación de Colombia. 2000

17. Beer M., Eisenstat R. y Spector B. *La Renovación de las Empresas*; Madrid: McGraw-Hill. 1992
18. Downs A. *Los Siete Milagros del Management*; Madrid: Prentice Hall. 2000
19. Fresco J. *Desarrollo Gerencial*; Buenos Aires: Ediciones Macchi. 1991
20. Hesselbein F., Goldsmith M. y Beckhard R. *El Líder del Futuro*; Bogotá: Planeta Colombiana Editorial. 1999
21. Lebel P. *Cómo Descubrir y Explotar sus Cualidades*; Bogotá: Ediciones Roca. 1995
22. Sanchez G. *Violencia vs. Creatividad Tomo III*; Bogotá: Guipe Internacional. 1995
23. Tissen R, Andriessen D. y Lekanne F. *El Valor del Conocimiento*, Madrid: Prentice Hall. 2000.

Una Propuesta para la Evaluación de Grupos de Investigación, Desarrollo e Innovación mediante 3 variables: Motivación, Conocimientos y Gestión

Edgardo Véliz Limas

Pontificia Universidad Católica del Perú,
Facultad de Ciencias e Ingeniería, Especialidad
de Ingeniería Informática
Lima, Perú, Lima 32
a19992167@pucp.edu.pe

Willy De La Cruz Sierra

Pontificia Universidad Católica del Perú,
Facultad de Ciencias e Ingeniería, Especialidad
de Ingeniería Informática
Lima, Perú, Lima 32
a20004004@pucp.edu.pe

Héctor Andrés Melgar Sasieta

Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento e Ingeniería, Sección de Ingeniería
Informática
Lima, Perú, Lima 32
amelgar@pucp.edu.pe

ABSTRACT

This work presents a method for the evaluation of development and research groups by means of the use of efficiency indicators grouped in 3 divisions which were called Measurement Variables: Motivation, Knowledge and Management. The measurement of these indicators was done using questionnaires and the determination of the contribution of each and everyone of them was obtained via multiple linear regression. Also, a software application was implemented, allowing the processing of the questionnaires previously mentioned and enabling the visualization of the outcome of the evaluation graphically.

Keywords: Evaluation, groups, efficiency, variables, indicators.

RESUMEN

En este artículo se propone un método para la evaluación de grupos de Investigación, Desarrollo e Innovación mediante el uso de indicadores de eficiencia agrupados en tres segmentos a los que se denominó variables de medición: motivación, conocimientos y gestión. La medición de tales indicadores fue realizada a través de cuestionarios y la determinación del aporte de cada uno de ellos al resultado de la evaluación se obtuvo a través de regresión lineal múltiple. Así mismo se implementó un aplicativo de software que permite el procesamiento automático de los cuestionarios antes mencionados y que permita la visualización de los resultados de la evaluación de forma gráfica.

Palabras claves: Evaluación, grupos, eficiencia, variables, indicadores.

7. INTRODUCCIÓN

En el mundo actual está sobreentendido que la Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I) son fundamentales para el crecimiento de un país, ya sea en términos tecnológicos, económicos e incluso culturales. En tal sentido, un problema inherente a esta actividad ha sido la falta de métodos para determinar de manera formal en qué proyecto de I+D+I invertir [1]; así mismo, se presenta la dificultad en la elección del recurso humano con la que se enfrentan los directores o encargados de los centros o sistemas de I+D.

Convencionalmente la elección de los proyectos a financiar está determinada principalmente por dos elementos: la calidad del contenido científico y el impacto de los mismos [2]; sin tomar en cuenta la capacidad que posee el grupo para cumplir con los objetivos del proyecto. La manera tradicional en la cual se basa la evaluación del recurso humano en los grupos de I+D+I sólo se basa en su hoja de vida; lo cual deviene en la carencia de la medición de factores importantes para tales grupos [3]; como: grado de continuidad en el trabajo, conocimientos sobre temas del proyecto, nivel de gestión, etc.

El presente trabajo propone una alternativa de solución a los dos problemas antes mencionados a través de la medición de la eficacia de un grupo de I+D+I mediante indicadores. En la Fig. 1 se puede apreciar las diferencias entre el enfoque tradicional y el enfoque aplicado al trabajo para la evaluación.

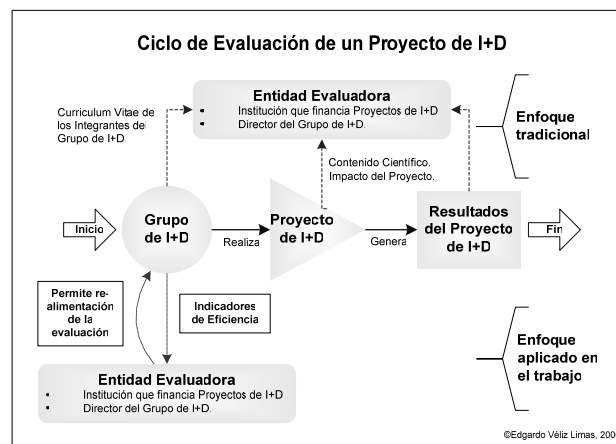


Fig. 1: Ciclo de Evaluación de un Proyecto de I+D

Hasta la fecha los estudios desarrollados sobre el tema se orientan en su mayoría a la medición de resultados de los grupos de I+D+I. Existen trabajos de investigación que estudian y proponen modelos de gestión del conocimiento en I+D+I. Un aspecto importante en este tema es la "Economía del Conocimiento" [4], que consiste en la influencia que tiene la distribución de las bases del conocimiento en la concepción de la economía del conocimiento y esto a su vez en la forma de inversión en la misma. De esta manera se puede justificar la importancia e interés que se tiene por determinar la rentabilidad; asociada a la eficacia, de un grupo de I+D+I; razón por la cual los investigadores han tenido la necesidad de crear plataformas informáticas que les permitan tener información sobre las hojas de vida de profesionales en diversas áreas, lo cual permite tener acceso a ciertos elementos como: perfil de profesional, experiencia en determinados temas, entre otros; así mismo, estas plataformas permiten registrar proyectos según temática, contactos entre investigadores, etc.

Lattes [5] es una plataforma de software que consiste en un "Sistema Electrónico de Currículos", desarrollada y usada por el estado brasilero, ésta permite al usuario realizar búsquedas y clasificar investigadores calificados para ciertos requerimientos. El CvLAC [6]; usados en muchos países de Latinoamérica, opera en una plataforma parecida a Lattes, denominada plataforma ScienTI, que intenta integrar a la región Latinoamericana. SICTI [7] es otra plataforma que permite organizar la información que existe sobre ciencia, tecnología e innovación en Chile. También existen aplicativos orientados a la gestión de recursos humanos en los cuales evalúan la eficiencia de los mismos [8].

Una observación importante con respecto a los grupos de I+D+I, es la carencia de una ontología que describa su estructura e interrelaciones internas; así como la poca de utilización de conceptos data mining en el desarrollo de

herramientas de software que permita la evaluación de dichos grupos. Se ha realizado un trabajo de investigación que implementa un algoritmo para obtener conocimiento relevante que permita efectuar una planificación que aumente la eficiencia de las instituciones de ciencia y tecnología [9]. También se habla de modelos de gestión del conocimiento para grupos de I+D+I [10], enfocándose en la creación, diseminación y reparto del conocimiento en una Institución de Enseñanza Superior de manera que se pueda beneficiar la calidad y la productividad de tales grupos. Se han propuesto algunos trabajos orientados a la evaluación de la investigación y desarrollo desde un punto de vista general (no orientados específicamente a grupos de I+D+I) [11].

Para la medición de la eficacia de un grupo de I+D se ha utilizado como mecanismo la definición y cuantificación de indicadores; éstos han sido clasificados en tres segmentos a los cuales se les denominó variables de medición, los cuales son: motivación, conocimientos y gestión. Tales variables fueron seleccionadas pues se ha considerado que son los elementos que más influyen en los factores de éxito de un grupo de investigación [12]. Para obtener los indicadores se ha utilizado cuestionarios, en los cuales cada pregunta representa alguna característica del grupo de I+D+I que se está evaluando. Se elaboró un modelo de cuestionario el cual tenía la estructura de entidades que se presenta en la tabla I.

Tabla. 1: Jerarquía de Entidades

Jerarquía de Entidades		
Tipo	Simb.	Descripción
Variable	Var	Hace referencia a las variables antes mencionadas; está compuesto de "Conjunto de Indicadores" o "Indicadores".
Conjunto de Indicadores	CI	Colección de indicadores que guarda alguna relación entre sí, pero no que describe completamente a una variable. Puede contener otro "Conjunto de Indicadores".
Indicador	In	Indicador propiamente dicho, está representado por una pregunta dentro de un cuestionario.
Opción Indicador	OpIn	Se refiere a una opción (para marcar) de un indicador (Pregunta).

Además el valor de cada entidad se obtuvo

$$\text{así: } X = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i \times x_i)}{\sum_{i=1}^n a_i}$$

Donde:

a_i	Grado de Importancia de la Entidad
Correspondencia de Entidades	
X	x_i
Var	CI ó In
CI	In
In	OpIn

Inicialmente el grado de importancia (Un número entre 1 y 10) que se utilizó fue asignado en función a documentación [13] [14] [15] [16] [17], observación y experiencia; sin embargo, luego de haber aplicado los cuestionarios, se empleó regresión lineal múltiple [18] para determinar el valor de los grados de importancia de los indicadores (In). $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n$. Donde Y es Var ó CI, β_i es el grado de importancia buscado e X_i , es In. Para poder aplicar el modelo de regresión lineal múltiple se ha asumido:

- Linealidad en la dependencia de las variables (Var) respecto a los indicadores (In).
- Que la diferencia entre los valores calculados y reales es muy pequeña y que ésta sigue una distribución normal.
- Se han utilizado más de 20 observaciones por cada indicador.
- La no colinealidad de los indicadores, se ha buscado que éstos no se encuentren estrechamente relacionados.

Los cuestionarios fueron aplicados a una muestra de 6 grupos de 4 personas en promedio cada uno, tales grupos pertenecían a un curso de verano de 2 meses de duración en el cual cada grupo estaba encargado del desarrollo de un proyecto que tenía elementos de I+D+I. Así mismo; se desarrolló un aplicativo de software mediante el cual se agiliza la tarea de procesamiento de los cuestionarios; ya que hacerlo mediante hojas de cálculo resultaba demasiado engorroso y lento. Tal aplicativo permite:

- La edición de cuestionarios.
- La asignación del grado de importancia a las entidades; ya sea de forma manual (Pues es posible que la evaluación este sujeta a ciertas políticas) o mediante regresión lineal múltiple.
- El almacenamiento del cuestionario en un archivo XML.
- El procesamiento del cuestionario; es decir, introducir las respuestas y calcular el resultado final.
- Mostrar la información del resultado gráficamente.

Finalmente se modeló el conocimiento asociado a un grupo de I+D+I mediante una ontología, lo cual permitirá integrar datos de diversos grupos de otras instituciones siempre que se cumpla con la ontología.

8. VARIABLES

A continuación se describirá en detalle el proceso de selección de indicadores asociados a cada variable. El detalle de cada variable que se presenta se refiere al cuarto cuestionario que se elaboró; versión con la que se realizó esta prueba.

Motivación

Se ha tomado a la motivación como el “motor” que impulsa la actividad de I+D+I. En tal sentido ésta ha sido dividida en 4 tópicos (CI) que son: aproximación afectiva, energía, carácter cognitivo y motivación de logro; que suman en conjunto 30 indicadores (In).

Aproximación Afectiva

Los indicadores de este conjunto están en relación a dos elementos: Determinar cual es el móvil de motivación, teniendo en cuenta el nivel de relación personal de cada integrante respecto al tema del proyecto y el nivel de compañerismo dentro del grupo ya que de esta manera se puede obtener una idea clara del grado de cercanía de los integrantes con el proyecto y del grado de cercanía de los integrantes entre sí. El segundo elemento es el grado de interés en el proyecto por parte de cada integrante, de manera que se tenga una aproximación de qué tan “entregados” están al trabajo [19].

Energía

Se refiere al nivel de puntualidad, dedicación, y esfuerzo físico y mental con el que cuenta un integrante del grupo de I+D+I con respecto a un proyecto. La medición de estos elementos está ligada a la continuidad que se presenta en el desarrollo del trabajo. Aquí es donde se evalúa las rutinas de trabajo: “estudios realizados en atletas olímpicos, músicos de nivel mundial, y grandes maestros del ajedrez demuestran que el rasgo que los une es la capacidad de motivarse ellos mismos para llevar a cabo una rutina de entrenamiento implacable” [20] [21]. Además, factores tales como las actividades que realiza el integrante aparte de la I+D+I son tomados en consideración, pues éstos producen un desgaste en la energía del individuo.

Carácter Cognitivo

Este punto se refiere a la percepción que tiene el individuo de sus habilidades y aptitudes; ya sea a nivel profesional o personal. Además se toma en cuenta cómo lo califican las personas de su entorno (compañeros, superiores, etc.) [22]. Esto es importante, ya que muchas veces determina el desempeño que pueda tener una persona.

Motivación de Logro

Esta parte está enfocada a los deseos del individuo de llegar a cumplir con los objetivos del proyectos, se ha considerado elementos como: trabajo bajo presión, incentivos hacia los participantes del grupo de I+D+I, y la actitud que tiene respecto hacia el trabajo que tiene asignado [23]. Es importante resaltar que éste punto ha sido objeto de mucho énfasis en estudios de motivación organizacional [24]. Así mismo, la motivación de logro ha sido ampliamente usada en motivación en deportistas jóvenes [25].

Conocimientos

Aquí no se ha buscado referentes bibliográficos, se ha seguido un esquema de registro de hojas de vidas, mas se ha incluido elementos de creatividad y participación en eventos como ponente. Se compone de los siguientes conjuntos de indicadores: grado académico, elaboración de tesis, producción intelectual, eventos y miscelánea.

Grado Académico

Se refiere a los títulos académicos conseguidos: Tiene 4 niveles: pre-grado, maestría, doctorado e idiomas.

Elaboración de Tesis

Se refiere a la elaboración de tesis para la obtención de grados académicos y títulos profesionales, está conformado de 3 categorías: pre-grado, maestría y doctorado. Tanto en este tópico como en el anterior se da énfasis al tiempo en el cual se han concluido el trabajo.

Producción Intelectual

Está enfocado a las publicaciones que haya realizado el integrante del grupo de I+D+I, ya sea artículos cortos o largos, libros, artículos en revistas, patentes (en este punto se evalúa la creatividad, pues el hecho de tener patentes implica un nivel de creatividad). Se da mayor puntuación a aquellas publicaciones realizadas en medios arbitrados y en otros idiomas.

Eventos

Se centra en el número de ponencias en congresos o simposios que tiene el individuo; así como el conocimiento del mismo en la organización de eventos.

Miscelánea

Evalúa si la persona ha sido merecedora de premios o becas, con ello se pretende evaluar la calidad de su trabajo y su desempeño académico.

Organización

"Organizar es agrupar y ordenar las actividades necesarias para alcanzar los fines establecidos creando unidades administrativas, asignando en su caso funciones, autoridad, responsabilidad y jerarquía, estableciendo las relaciones que entre dichas unidades debe existir." (Eugenio Sixto Velasco).

Se busca reflejar el grado de organización de los grupos, conocer qué forma están organizados, si existe o no una jerarquía definida en el grupo, los mecanismos de comunicación, la imagen del grupo hacia el exterior, etc. El grado de organización juega un papel muy importante en la evolución de un grupo de I+D+I, pues determina los mecanismos por los cuales las personas coordinan esfuerzos cuando tienen un objetivo común, es decir si podrían trabajar de una forma unida o dispersa, creando lazos o vínculos de trabajo de una manera jerárquica y definida [26]. En tal sentido, mediante estos indicadores se puede determinar si el grupo asume un conjunto de reglas o se rige por orientaciones informales e incluso improvisadas o pasajeras.

Planificación

Planificar significa estudiar sus objetivos y acciones y sustentar dichas acciones no en corazonadas sino con algún método, plan o lógica; de la misma forma los grupos de I+D+I definen procedimientos adecuados con el propósito fundamental de facilitar el logro de los objetivos. Se intenta medir el grado de planificación de un grupo de I+D, determinando si dicho grupo cuenta con un plan estratégico, un plan de riesgos o si aplica una metodología de investigación en particular.

Control

El control es un proceso por medio del cual se modifica algún aspecto de un sistema para que se alcance el desempeño deseado en el mismo. La finalidad es medir si el proceso de control de un grupo de I+D+I esta orientado a sus objetivos o si dicho grupo cuenta con mecanismos que evalúen sus avances periódicamente registrando formalmente todos sus procedimientos y experiencias en el tema del proyecto.

Logros

Se definieron 2 indicadores que reflejan si al término del proyecto los integrantes del grupo de I+D+I llegaron a tener el objetivo claro y si el número de logros alcanzados es el esperado.

9. APLICATIVO DE SOFTWARE

Para el procesamiento de los cuestionarios se desarrolló un aplicativo de software para plataformas Windows. Éste fue elaborado con el lenguaje de programación C# y se utilizó como IDE a Visual Studio .Net 2003 y Rational Rose Enterprise Edition como herramienta para el modelamiento de los artefactos de software. Para la validación y verificación del aplicativo se utilizó la técnica de “caja negra” (valores de frontera). El aplicativo consta de 2 partes: i) editor de cuestionarios y ii) registro y evaluador de grupos de I+D+I.

Editor de Cuestionarios

En la figura 2 se puede visualizar la edición de cuestionarios bajo el esquema de entidades antes descrito (ver Tabla I), además permite almacenar el cuestionario en un archivo XML (se puede almacenar el cuestionario en cualquier estado de elaboración) para lo cual se implementó un reconocedor de XML asociado a la jerarquía de entidades tal como se puede apreciar en la figura 3.

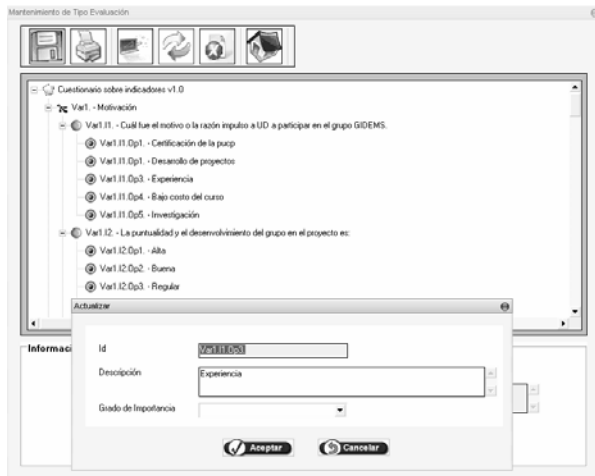


Fig. 2: Editor de Cuestionarios

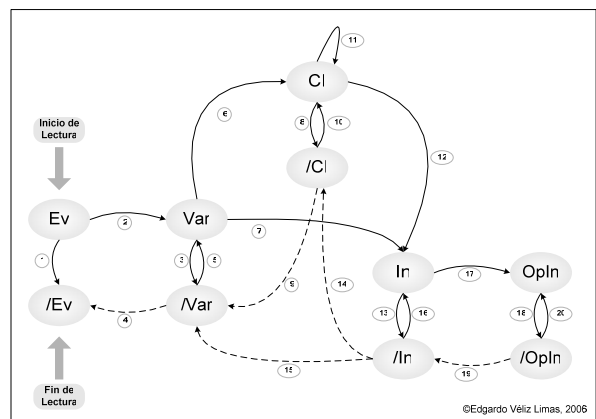


Fig. 3: Diagrama de estados del Reconocedor XML

Evaluador de grupos de I+D

Permite el registro de un grupo de I+D+I y la carga de un cuestionario. Además permite el procesamiento de resultados (ya sea de manera individual o grupal) y los muestra gráficamente tal como se puede apreciar en la figura 4. Así mismo, se indica el puntaje obtenido por un integrante del grupo en función a los indicadores (Ver Fig. 5).

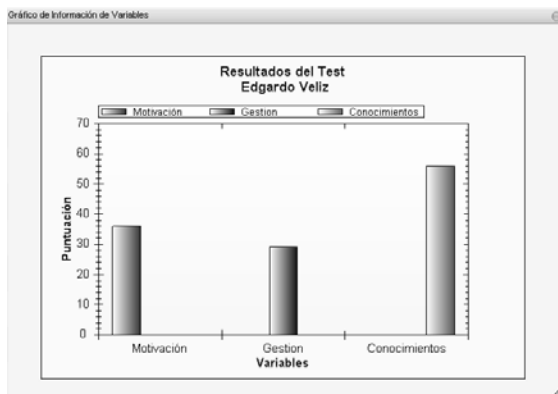


Fig. 4: Gráfico de Información de Variables mostrado por el aplicativo

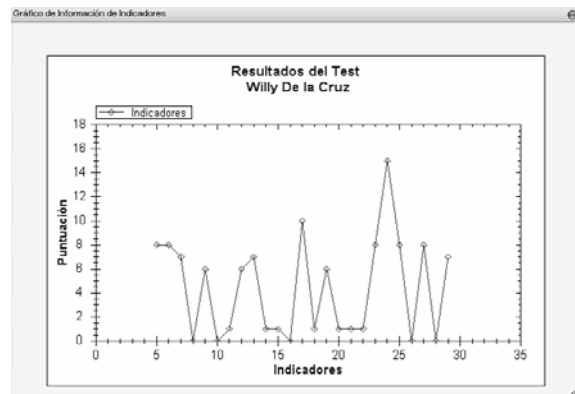


Fig. 5: Gráfico de Información de Indicadores mostrado por el aplicativo

10. RESULTADOS

Para evaluar el método propuesto se ha contrastado los resultados del mismo con el calificativo obtenido por los grupos en el curso de verano (calificativo asignado por los alumnos del curso y por un jurado externo), obteniéndose los resultados que se presentan en la tabla II:

Tabla II: Resultados Evaluación de grupos de I+D

Variable	Grupos						Factor
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	
Motivación	37	43	35	31	49	38	0.6
Conocimientos	6	7	6	5	6	7	0.7
Gestión	18	21	29	23	24	20	0.8
Total =	19.49	22.41	22.89	19.25	25.20	20.96	2.1
Puesto	5	3	2	6	1	4	
Resultados Calificativo del Curso (Puesto)	3	4	2	6	1	5	
Diferencia en orden de mérito (En valor absoluto)	2	1	0	0	0	1	

Se logró inferir con el método el orden de mérito de los 2 primeros puestos y una aproximación alta de los puestos de los demás participantes. Sin embargo, debido a la cantidad pequeña de la muestra (6 grupos) no se puede dar un grado de confianza alto.

11. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Se ha presentado un método para evaluar grupos de I+D+I con resultados iniciales alentadores, además se ha implementado una aplicativo de software que permite utilizar tal método con facilidad. Hay que tener en cuenta que aunque el método es muy cuantitativo no se exime de una evaluación cuantitativa que pudiera modificar los resultados obtenidos.

Es necesario realizar pruebas con una mayor cantidad de grupos e integrantes a fin de validar con más datos la metodología propuesta.

Con la información almacenada de los grupo de I+D+I se pueden desarrollar una serie de herramientas que servirían de mucha ayuda a la gestión del conocimiento en la investigación, entre estas podemos mencionar a la generación de indicadores sobre producción bibliográfica, producción técnica, proyectos de investigación, tesis desarrolladas, entre otros. Además aplicando técnicas de minería de datos, se podría obtener conocimiento relevante desconocido por el momento por las direcciones.

12. AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al profesor Bruno Castellón por su guía y paciencia y al profesor Abraham Dávila por la información que nos brindó, ambos pertenecientes al Departamento de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

REFERENCIAS

54. J. L. Solleiro, "Evaluación de proyectos de investigación y desarrollo ¿Alguna solución a este viejo problema?", Revista Espacios – Venezuela, vol 15, 1994.
55. L. Sanz, "Evaluación de la Investigación y Sistema de Ciencia", Consejo Superior de Investigaciones Científicas de Madrid – Unidad de Políticas Comparadas, Julio 2004, pp 2-4.
56. C.B. Castellón, ¿Es posible que el Perú vuelva a ser potencia?, en proceso de publicación, 2006, pp 22-23.
57. K. Smith, "What is the 'Knowledge Economy'? Knowledge Intensity and Distributed Knowledge Bases", The United Nations University – INTECH, Junio 2002.

58. Sistema de Evaluación de Currículos LATESS. <http://lattes.cnpq.br/>
59. CvLAC – Parte de la plataforma informática de la Red Internacional de Sistemas de Información en Ciencia y Tecnología (Red ScienTI) <http://www.concytec.gob.pe/scienti/>
60. Plataforma SICTI <http://portal.sicti.cl/www/>
61. J. Ramón Pin, M. Laorden, “Software de Gestión de Recursos Humanos, Indicadores de Eficiencia”, Documento de Investigación 433, División de Investigación IESE – Universidad de Navarra. Marzo 2001.
62. W. Romão, “Descoberta de conhecimento relevante em banco de dados sobre ciência e tecnologia”, Universidad Federal de Santa Catarina, 2002.
63. O. G. Freitas Júnior, “Um modelo de sistema de gestão do conhecimento para grupos de pesquisa e desenvolvimento”, Universidad Federal de Santa Catarina, 2003.
64. G. Boggie, *Evaluation of Research and Development*, 1984. ISBN 9027717591.
65. J. Royero, “Modelo de Control de Gestión para Sistemas de Investigación Universitarios”, OEI-Revista Iberoamericana de Educación (ISSN: 1681-5653).
66. W. S. Humphrey, *Introduction to The Team Software Process*, Addison–Wesley, 2000.
67. M. Hartzler, *Teoría y Aplicaciones del Trabajo en Equipo: Cómo preparar equipos de trabajo eficaces*, Oxford University Press, 1999.
68. W. G. Dyer, *Formación de Equipos: Problemas y alternativas*, Addison–Wesley, 1988.
69. N. Sapag Chain, *Preparación y Evaluación de Proyectos*, McGraw–Hill Interamericana, 2003.
70. R. Mittman, *El Impacto de la Tecnología en los Equipos de Trabajo: Cómo pueden los equipos utilizar la tecnología y las herramientas de proceso grupal para perfeccionar el desempeño*, Addison–Wesley Iberoamericana, 1993.
71. F. J. Barón López, F. Téllez Montiel, *Apuntes de Bioestadística*, ch 6. http://campusvirtual.uma.es/est_fisio/apuntes/ficheros/cap06.pdf
72. M.P. González, E. Barrull, C. Pons y P. Marteles, “¿Qué es el afecto?”, *Biopsychology.org*, 1998. http://www.biopsychology.org/biopsicologia/articulos/que_es_el_afecto.html.
73. D. Goleman, *Emotional Intelligence: Why It Can Matter More Than IQ*, Bantam Books, ch 6, Julio 1997.
74. A. Ericsson, *Expert Performance: Its Structure and Acquisition*, *American Psychologist*, Agosto 1994.
75. R. A. Carvallo Castillo, “Desarrollo de rasgos asociados a la autoestima a través de la meta cognición, en una universidad mexicana”, *Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, vol 7, ISSN 1134-4032, 2001.
76. C. L. Rodríguez Sánchez, “Motivación de Logro y Satisfacción Laboral”, Facultad de Psicología – Universidad Nacional Autónoma de México.
77. S. Robbins, *Comportamiento Organizacional*, Prentice Hall, 1996.
78. T. García Calvo, “La Motivación y su importancia en el entrenamiento de jóvenes deportistas” <http://cdeporte.rediris.es/biblioteca/motivacion.pdf>
79. A. Clause, “Organización de equipos de trabajo de investigación y desarrollo”, ISISTAN – Facultad de Ciencias Exactas – Universidad Nacional del Centro, 7000 Tandil, Argentina. <http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/manageit/docs/Equipos.pdf>
80. M. Horridge, H. Knublauch, A. Rector, R. Stevens, C. Wroe, *A Practical Guide to Building OWL Ontologies Using The Protégé–OWL Plugin and CO-ODE Tools*, Stanford University, Agosto 2004.

Una revisión de las técnicas relacionadas con la Inteligencia Artificial y la Composición Musical Asistida por Ordenador (CAO)

Emerson Castañeda Sanabria
Universidad Pontificia de Salamanca,
Facultad de Informática,
Madrid, España
emecas@ieee.org

Cristian A. Rodríguez
Universidad de la Salle, Ingeniería de Diseño y
Automatización Electrónica,
Bogota, Colombia
cristianarm@gmail.com

ABSTRACT

This paper presents one first part of the concepts compiled after the study and the evaluation of different techniques you relate to the artificial intelligence and at the moment used (or potentials) for the musical composition attended by computer. Of the study of a total of 12 techniques some of most excellent including them in the first part of the present work was selected. For each one of the techniques a definition is included, some of the related topics, references of the most representative works and the initial model. The propose representation for the initial model this oriented to clarify the potential contributions to the proposal of an integrating architecture for the composition attended by computer.

Keywords: AI, Machine Learning, Knowledge Engineering, Artificial Neural Networks, Multi-Agent Systems

RESUMEN

Este artículo presenta una primera parte de los conceptos recopilados tras el estudio y la evaluación de diferentes técnicas relacionas con la inteligencia artificial y actualmente empleadas (o potenciales) para la composición musical asistida por ordenador. Del estudio de un total de 12 técnicas se seleccionaron algunas de las más relevantes para incluirlas en la primera parte del presente trabajo. Para cada una de las técnicas se incluye una definición, algunos de los tópicos relacionados, referencias de los trabajos más representativos y el modelo inicial. La representación propuesta para el modelo inicial esta orientada a esclarecer los potenciales aportes a la propuesta de una arquitectura integradora para la composición asistida por ordenador.

Palabras claves: IA, Aprendizaje Automático, Ingeniería del Conocimiento, Redes Neuronales Artificiales, Sistemas Multiagente

INTRODUCCION

La variedad de trabajos que relacionan la inteligencia artificial con la música es bastante extensa. Dentro de estos podemos encontrar un subconjunto en los que se aborda de una forma parcial o total la composición musical asistida por ordenador. Tras la realización de un estado del arte actualizado sobre este subconjunto de estudios se realiza un minucioso estudio de las técnicas asociadas con la inteligencia artificial que tienen relación con la composición musical.

Aquí se presentan los conceptos para la evaluación de las diferentes técnicas que son actualmente empleadas o están en miras su aplicación en la composición musical asistida por ordenador. Del estudio de un total de 12 se seleccionaron algunas de las más relevantes para incluirlas en el presente trabajo. Para cada una de las técnicas se incluye una definición, algunos de los tópicos relacionados, referencias de los trabajos más representativos y el modelo inicial que representa sus potenciales aportes orientados a la propuesta de una arquitectura para la composición asistida por ordenador que las integre.

1. APRENDIZAJE AUTOMÁTICO (MACHINE LEARNING)

Definición

La AAAI⁸⁶ cuenta con una librería dinámica de temas sobre inteligencia artificial, llamada AI Topics [AITOPICS], que dedica una de sus secciones al Aprendizaje Automático⁸⁷ (AA) donde presenta la siguiente definición: *“El aprendizaje automático se refiere a un sistema capaz de la integración y adquisición autónoma de conocimiento. Esta aptitud para aprender desde la experiencia, la observación analítica, y de otras manera, da como resultado sistemas que continuamente puede auto mejorar y por esto ofrecer incrementos en la efectividad y la eficiencia.”*

El Aprendizaje Automático es una técnica de la Inteligencia Artificial con el objetivo es desarrollar prácticas que le permita a los ordenadores “aprender”. De forma más concreta, se trata de crear programas capaces de generalizar comportamientos a partir de una información no estructurada suministrada en forma de ejemplos. Es por lo tanto, un proceso de inducción del conocimiento. En muchas ocasiones el campo de actuación del Aprendizaje Automático se solapa con el de la estadística, dado que las dos disciplinas se basan en el análisis de datos. Sin embargo, el Aprendizaje Automático se centra más en el estudio de la complejidad computacional de los problemas. La investigación realizada en Aprendizaje Automático está enfocada al diseño de soluciones factibles para los problemas de tipo NP-completo.

El Aprendizaje Automático tiene una amplia gama de aplicaciones, entre las que se incluyen: el diagnóstico médico, la detección de fraudes, el análisis del mercado de valores, el reconocimiento del habla, los juegos, la robótica, los motores de búsqueda, etc.

Clasificación

Los diferentes tipos de aprendizaje automático se clasifican en función de la salida de sus algoritmos. Algunos tipos son:

Aprendizaje supervisado: El algoritmo produce una función que establece una correspondencia entre las entradas y las salidas deseadas del sistema. Un ejemplo de este tipo de algoritmo es el problema de clasificación, donde el sistema de aprendizaje trata de etiquetar (clasificar) una serie de vectores utilizando una entre varias categorías (clases). La base de conocimiento del sistema está formada por ejemplos de etiquetados anteriores.

Aprendizaje no supervisado: Todo el proceso de modelado se lleva a cabo sobre un conjunto de ejemplos formado tan sólo por entradas al sistema. No se tiene información sobre las categorías de esos ejemplos.

Aprendizaje por refuerzo: El algoritmo aprende observando el mundo que le rodea. Su información de entrada es el feedback o retroalimentación que obtiene del mundo exterior como respuesta a sus acciones.

Transducción: Similar al aprendizaje supervisado, pero no construye de forma explícita una función. Trata de predecir las categorías de los futuros ejemplos basándose en los ejemplos de entrada, sus respectivas categorías y los ejemplos nuevos al sistema.

Aprendizaje multitarea: Métodos de aprendizaje que usan conocimiento previamente aprendido por el sistema de cara a enfrentarse a problemas parecidos a los ya vistos.

⁸⁶ American Association for Artificial Intelligence. <http://www.aaai.org>

⁸⁷ Se puede consultar en <http://www.aaai.org/AITopics/html/machine.html>

Referencias

El texto en línea *Introduction to Machine Learning*⁸⁸, de Nils J. Nilsson, introduce los conceptos acerca del AA, ofreciendo un enfoque intermedio, como entre un libro teórico y uno práctico, enfocándose con especial atención en las aplicaciones. Los autores pretenden dar al lector la preparación suficiente para abordar la extensa literatura existente sobre AA.

Dentro del panorama de la CAO uno de los autores más representativos que trata directamente el tema del aprendizaje automático es Gerhard Widmer en una serie de trabajos entre los que se encuentran [WIDMER01] [WIDMER03a] [WIDMER03b]. Presentan un proyecto de investigación a largo plazo e interdisciplinario situado en la intersección de las disciplinas científicas de Musicología e Inteligencia Artificial donde la meta es desarrollar IA, en concreto *machine learning* y minería de datos, métodos empleados para estudiar el fenómeno complejo de interpretación expresiva de música. El proyecto desarrolla una dirección nueva en este campo para la formulación de modelos formales, empleando las técnicas inductivas de aprendizaje para descubrir principios generales y válidos de expresión de datos reales de interpretación. A su vez discuten el framework empleado para el proyecto junto con un acercamiento particular a la minería de datos que han desarrollado incluyendo un algoritmo para *learning characterisation rules* donde los resultados experimentales preliminares demuestran que este algoritmo puede descubrir principios de expresión muy generales y robustos, una cierta cantidad de los cuales realmente constituyen nuevos descubrimientos desde un punto de vista de musicológico.

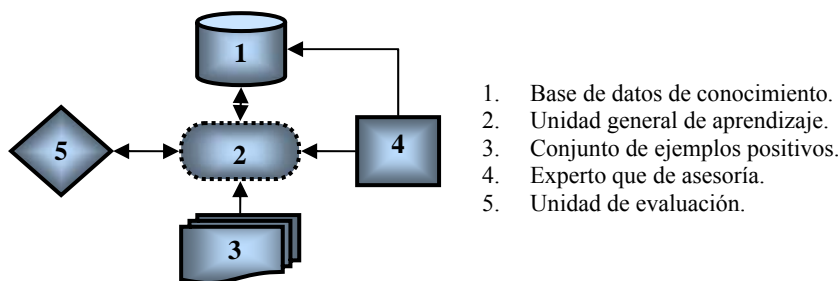
El algoritmo para el descubrimiento de reglas es llamado PLCG y puede encontrar un modelo simple de reglas en datos complejos donde es difícil o prácticamente imposible encontrar modelos que completamente cuenten para todos los fenómenos de interés –afirma Wiedmer. Técnicamente hablando, PLCG se presenta como un método de aprendizaje conjunto que aprende múltiples modelos por algún algoritmo estándar de aprendizaje de reglas, y luego combinan estos en un conjunto final de reglas por medio de clustering, generalización, y selección heurística de reglas.

En [VISELL04] se presenta un enfoque para el desarrollo generativo de sistemas artísticos a través de un framework que implementa la teoría de patrones y un conjunto de algoritmos para la composición interactiva de música por ordenador. Es presentado como un HMM (*Hidden Markov Model - Modelo oculto de Markov*) de autoorganización que consiste en una aproximación modular y gráfica a la representación y la organización espontánea de eventos de sonido en el tiempo y en el espacio. Para los resultados obtenidos según Visell, su enfoque:

“constituyen un sistema para la composición de música estocástica que incorpora ideas creativas y estructurales como la incertidumbre, la variabilidad, la jerarquía y la complejidad, y soporta una relación fuerte para los modelos realistas de física estadística o sistemas de percepción. El acercamiento de la teoría patrones para la composición provee un conjunto elegante de principios organizadores para la producción de sonido por ordenador”.

Afirmando finalmente que esta forma de *machine learning* sugiere aplicaciones interesantes para las tareas emergentes que tienen que ver con el aprendizaje y la modificación creativa de formas musicales.

Modelo Inicial



⁸⁸ Texto completo en pdf: <http://ai.stanford.edu/people/nilsson/MLDraftBook/MLBOOK.pdf>

Figura 17. Modelo Inicial del Aprendizaje Automático

Fuente: Los autores

2. INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO (KNOWLEDGE ENGINEERING)

Definición

La ingeniería del conocimiento es aquella disciplina moderna que hace parte de la Inteligencia Artificial que ayuda a construir aplicaciones y sistemas orientados al aprendizaje, apoyándose en metodologías instruccionales y en tecnología de computación y de telecomunicaciones, intentando representar el conocimiento y razonamiento humanos.

El trabajo de los ingenieros del conocimiento consiste en extraer el conocimiento de los expertos humanos y en codificarlo de manera que pueda ser procesado por un sistema. El problema es que el ingeniero del conocimiento no es un experto en el campo que intenta programar, mientras que el experto en el tema no tiene experiencia programando.

La ingeniería del conocimiento engloba a los científicos, tecnología y metodología necesarios para procesar en conocimiento. Su objetivo es extraer, articular e informatizar el conocimiento de un experto.

En este trabajo se incluye esta técnica por ser una disciplina que permite vislumbrar a un nivel macro las bondades de las diferentes técnicas tratadas, esto mediante el empleo de un enfoque que se oriente hacia la gestión del conocimiento; siendo útil para encaminar la realización de tareas que resultan de gran relevancia y hacen que cobre un significado más coherente la realización de este tipo de trabajos, como por ejemplo: el finalmente proponer una clasificación de las aportaciones de la inteligencia artificial en la CAO, o la divulgación misma de una propuesta arquitectónica de las técnicas de IA para la CAO.

Referencias

Dada la connotación de este apartado dentro del ámbito del trabajo se presentan algunas referencias relevantes. Inicialmente se tratan aspectos relacionados con la presentación de contenidos desde el punto de vista de la disciplina conocida como la arquitectura de la información y luego se mencionan algunos casos concretos orientados hacia la CAO.

El término "Arquitectura de la Información" (AI) fue utilizado por primera vez por Richard Saul Wurman en 1975, quién la define como: "El estudio de la organización de la información con el objetivo de permitir al usuario encontrar su vía de navegación hacia el conocimiento y la comprensión de la información".

Haciendo referencia exclusivamente a la AI en el campo de la Web, una de las definiciones que puede resultar de más fácil comprensión es la de Louis Rosenfeld y Peter Morville que ofrecen en su libro "Information Architecture for the World Wide Web 2nd Edition": "El arte y la ciencia de estructurar y clasificar sitios web e intranets con el fin de ayudar a los usuarios a encontrar y manejar la información".

El concepto "Arquitectura de la Información" no solo engloba la actividad de organizar información, sino también el resultado de dicha actividad. La arquitectura de la información de un sitio Web, como resultado de la actividad, comprende los sistemas de organización y estructuración de los contenidos, los sistemas de rotulado o etiquetado de dichos contenidos, y los sistemas de recuperación de información y navegación que provea el sitio web [MarHas2003].

Otra defeción general es: "*La Arquitectura de Información se encarga de la fundamentación, análisis, planificación y estudio de la disposición de los datos contenidos en los sistemas de información*" [WikiAI2005].

Con el fin de que la asimilación de contenidos por parte del usuario sea eficiente y efectivo, accesible y usable, la arquitectura de información como proceso en general, se encarga de supervisar desde los estudios de audiencia o público objetivo, pasando por el diseño de interactividad, navegación y de contenidos, hasta la evaluación y el rediseño de la interfaz, sea esta una web, un CD interactivo, un videoclip digital e interactivo, la interfaz de un iPod, de un reloj, de un tablero de avión, de una máquina dispensadora, de un juego, papelería inclusive, etc, de manera que la comprensión de la información allí entregada, a la audiencia sea significativa y relevante, de acuerdo a los objetivos planteados en la

fundamentación del proyecto. Edward R. Tufte es profesor en la Universidad de Yale, titulado en Ciencias Políticas, Estadísticas y Diseño Gráfico. Su trabajo, plasmado en tres libros⁸⁹, trata acerca de cómo presentar todo tipo de información en la forma más clara posible. Temas acerca de la presentación de números, sustantivos y verbos, considerados por muchos como lectura básica para toda persona que trate con una u otra forma de presentación de información.

Louis Rosenfeld y Peter Morville fundaron Argus, una empresa especializada en consultoría de Arquitectura de la Información. Con la publicación de su libro⁹⁰ en 1998, descubrieron sus seguidores y métodos, generando una comunidad en torno al tema, llamada ACIA, que organiza conferencias sobre la materia y comparte recursos en la Web.

Modelo Inicial

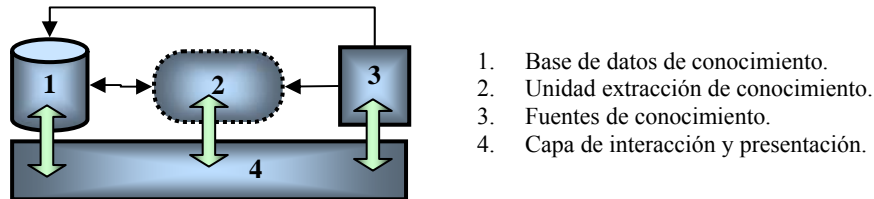


Figura 18. Modelo Inicial de la Ingeniería del Conocimiento

Fuente: Los autores

3. REDES NEURONALES ARTIFICIALES (ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS)

Definición

Referidas habitualmente de forma más sencilla como redes de neuronas o redes neuronales, las redes de neuronas artificiales (RNA) son un paradigma de aprendizaje y procesamiento automático inspirado en la forma en que funciona el sistema nervioso de los animales. Consiste en simular las propiedades observadas en los sistemas neuronales biológicos a través de modelos matemáticos recreados mediante mecanismos artificiales (como un circuito integrado, un ordenador o un conjunto de válvulas). El objetivo es conseguir que las máquinas den respuestas similares a las que es capaz el cerebro que se caracterizan por su generalización y su robustez.

Una neurona es un tipo especial de célula nerviosa que se encuentra en el cuerpo, que tiene actividad eléctrica. Estas células están principalmente dirigidas al control operativo del organismo. El esquema de una neurona biológica se muestra en la Figura 19. La neurona consta del cuerpo de la célula envuelta en una membrana, también tiene dendritas y axon, que corresponden a las entradas y la salida. El axon de la neurona se enlaza con las dendritas de otras neuronas a través de un contacto sináptico (sinapsis).

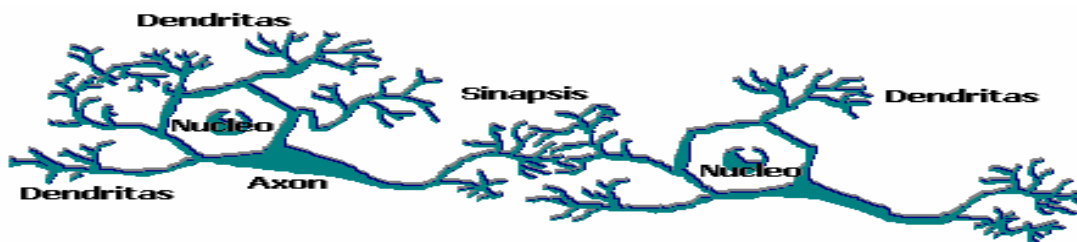


Figura 19. Neurona Biológica

Fuente: Los autores

⁸⁹ Titulados: The Visual Display of Quantitative Information, 1983. Envisioning Information, 1990. Visual Explanations, 1996.

⁹⁰ Information Architecture for the World Wide Web, 1998. Traducido al español por McGraw-Hill en el año 2000, bajo el nombre "Arquitectura de la Información para el WWW".

Las señales de entrada del árbol de dendritas son ponderadas y sumadas en el núcleo de la célula y formadas en el axon, donde se genera la señal de salida. Consecuentemente, la intensidad de la señal es una función de la suma de los pesos de las señales de entrada. La señal de salida pasa a través de los brazos del axon y se realiza la sinapsis. A través de la sinapsis la señal es transformada en una nueva señal de entrada las neuronas vecinas. Esta señal de entrada puede ser positiva o negativa (excitadora o inhibidora), dependiendo del tipo de sinapsis.

De acuerdo al modelo biológico de neurona, se han propuesto diferentes modelos matemáticos. El modelo matemático de neurona usualmente utilizado es para la simulación de redes neuronales esta representado en la Figura 20. La neurona recibe un conjunto de señales de entrada $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ (vector X) que normalmente son señales de salida de otras neuronas. Cada señal de entrada es multiplicada por el correspondiente peso de conexión w_i , analogía de la sinapsis. Los pesos de las señales son computados en el núcleo, donde se realiza una suma algebraica y se determina el nivel de excitación de la neurona a través de la expresión (1).

$$I = \sum_{i=1}^n x_i w_i \quad (1)$$

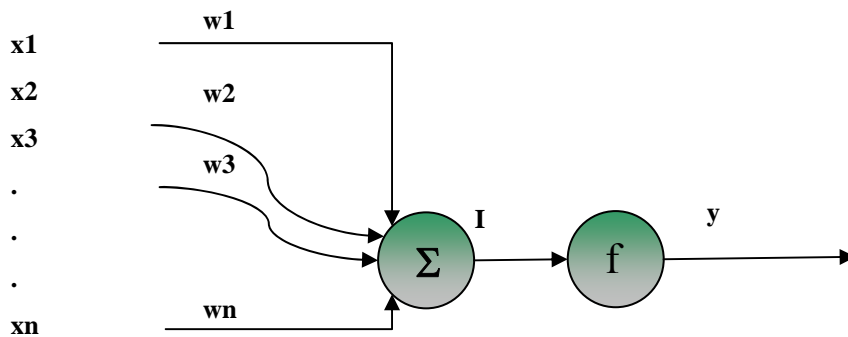


Figura 20. Modelo matemático de la neurona

Fuente: Los autores

La señal de salida de la neurona esta determinada por la conducción del nivel de excitación a través de la función f , llamada la función de activación de acuerdo a la siguiente expresión: $y = f(I - \theta)$ donde θ es el umbral de la neurona, usualmente se emplean tres tipos de funciones de activación como función f : función lineal (umbral lógico, $y = k I$ donde $k = \text{constante}$), función binaria (limitación dura, $y = 1$ si $I > = 0$ ó $y = 0$ si $I < 0$) y función sigmoid (tipo s , $y = I / [1 + e^{-(I - \theta)}]$).

La totalidad de neuronas, conectadas unas entre otras y conectadas con el entorno, forman la red neuronal. El conjunto de señales de entrada $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ de una red de neuronas es llamado el vector de entradas de activación, los pesos de las conexiones entre las neuronas son representados en forma de matriz W , donde el elemento w_{ij} representa el peso de la conexión entre la neurona i y la neurona j , durante el proceso de funcionamiento de la red, el vector de vector de entradas se transforma en una única salida. El poder computacional de la red neuronal, consecuentemente esta en la solución de problemas con mediante sus conexiones. La fuerza de la conexión esta dada por los coeficientes del peso.

La arquitectura de la red neuronal esta determinada por el orden de las conexiones. Los tipos más conocidos de arquitecturas son: completamente conectada y jerárquica. En términos de la dirección de transferencia de las señales en la red se diferencian dos tipos de redes: redes sin ciclos de retroalimentación (*feed-forward*) y redes con retroalimentación o recurrentes (*feed-back o recurrent*) [ALIEV01].

Referencias

La mayoría de trabajos que involucran redes neuronales tanto en forma general como en de los procesos para la

composición musical, lo realizan de manera híbrida junto a otras técnicas, empleando las redes neuronales como un mecanismo de apoyo o complementario dentro de los objetivos específicos perseguidos.

Un trabajo interesante que implica de forma híbrida algunas de las técnicas en cuestión incluyendo las redes neuronales es [GOLDMA99] cuyo propósito principal se centra en el diseño de un modelo que describa los diferentes aspectos que un usuario puede tener interés en considerar cuando se involucra en una actividad musical, posibilitando así al músico codificar su conocimiento, sus intuiciones, y gusto estético usando para ello las reglas, los conceptos borrosos, y el aprendizaje incorporándolos a caso de estudio en el sistema *NetNeg* compuesto de dos módulos: un módulo *connectionist* y un módulo basado en agentes.

Los dos subsistemas de *NegNet* cumplen diferentes papeles. El papel del subsistema *connectionist* es el de aprender y general las partes individuales de la melodía polifónica. En la implementación que se llevo a cabo la red neuronal aprendió a reproducir una serie de ejemplos educativos⁹¹. Basándose en este proceso de aprendizaje y el conjunto de ejemplos, la red neuronal en la fase de generalización puede producir nuevas partes de melodías individuales. En esta fase, la red en la capa de salida predice un vector de expectativas para la siguiente nota en cada parte de la melodía.

En el modulo de agentes inteligentes distribuidos cada agente representa una de las voces de la música polifónica, este es responsable de seleccionar el tono que será insertado en su voz para cada unidad de tiempo. Cada agente recibe un vector de salidas diferente desde la red neuronal. Por un lado, cada agente tiene que cumplir con los criterios estéticos de su voz; Y por otra parte, tiene que estimar que el otro agente de voz algo semejante que ambos conjuntamente resultarán en un contrapunto de dos partes. Ambos agentes tienen que hacer negociaciones sobre todo las otras combinaciones posibles hasta obtener un resultado globalmente superior. Así, ellos inciden en el contexto con su acuerdo. Dado este nuevo contexto y los valores iniciales del plan de unidades, la red pedirá otro vector de salida. Este proceso continúa secuencialmente hasta que se completan las melodías.

El subsistema connectionist de NegNet

Cada parte de la melodía se produce independientemente por una red neuronal implementada en PlaNet⁹². La red neuronal propuesta se basa en el esquema de Todd⁹³, que había sugerido una red neuronal secuencial con posibilidades de aprender y generar una secuencia de notas de melodía. La red neuronal de *NegNet* se basa en la misma idea extendiéndola para incluir la representación del contorno de la melodía.

La red neuronal es una red secuencial de tres capas que aprende secuencias de notas. Cada secuencia es una parte de la melodía. Cada secuencia de notas está etiquetada por un vector de unidades de plan. La red es una versión de una red *feed-forward back-propagation* con ciclo de retroalimentación desde la capa de salida hasta las unidades de estado (en la capa de entrada). Las unidades de estado en la capa de entrada y las unidades en la capa de salida representan el tono y el contorno. Las unidades de estado representan el contexto de la melodía, que está compuesto por las notas producidas hasta el momento. El vector de activación de la unidad de salida representa la distribución de las predicciones para la siguiente nota en la melodía para el contexto actual dado.

El papel de las unidades de plan es etiquetar secuencias diferentes de notas. En la fase de generalización, se pueden interpolar y extrapolar los valores de las unidades de plan a fin de producir melodías nuevas. En cada paso, la red es alimentada con los valores de salida del paso previo en las unidades de estado conjuntamente con los valores de las unidades de plan y son propagados como la retroalimentación en las unidades de estado. Los valores actuales de las unidades de estado están compuestos de los valores previos multiplicados por un parámetro de descomposición y los valores actuales de salida.

Las unidades de estado y la capa de salida pueden representar las notas de diferentes maneras. Cada nota es representada por un vector binario. El tono es asociado con el índice de lo único 1 en el vector (RE estará codificado como (1000000) y MI como (0100000) en el modo 2 dórico). En esta implementación, preferimos representar las notas

⁹¹ cit. K. Jeppesen, *Counterpoint the Polyphonic Vocal Style of the Sixteenth Century*.(Dover, New York ,1992.

⁹² cit. Y. Miyata. *A User's Guide to PlaNet Version 5.6*, Computer Science Department, University of Colorado, Boulder, 1991.

⁹³ cit. P. M. Todd, *A connectionist approach to algorithmic composition*, in: *Music and Connectionism*, eds. P.M. Todd and D.G. Loy (MIT Press, 1991).

como un vector de 19 unidades. Las primeras ocho unidades codifican el tono. Las siguientes nueve unidades representan los intervalos entre las notas. Las últimas dos unidades describen si el movimiento de la melodía es ascendente o descendente (nos referiremos a estas unidades como las unidades de movimiento).

Por ejemplo, si el tono actual es DO (CD), la red predice RE (D) y FA(F) como los siguientes mejores tonos, y la unidad ascendente de movimiento está encendida, entonces el intervalo nos puede ayudar a decidir cuál tono elegir (ie., Un tono o dos tonos y medios). Si después de que la red hubiera escogido el tono SOL(G), esta predice LA(A) o FA(F) y el intervalo es de un tono, entonces luego podríamos hacer una selección ya sea para descender o ascender basados en las activaciones de las unidades de movimiento. Para sacar provecho de la información codificada en las activaciones de las unidades de salida, las activaciones de tono están combinadas con el intervalo y las activaciones de movimiento. Las activaciones de las unidades de salida son organizadas en un vector de trece activaciones correspondiente a las notas en más de una octava y media.

Cada agente recibe el vector de 13 posiciones, y alimenta las unidades de estado con su acuerdo. Luego, la red predice otro vector de salida dado este nuevo contexto y los valores iniciales de las unidades de plan. Este proceso continúa secuencialmente hasta que se completan las melodías.

Modelo Inicial

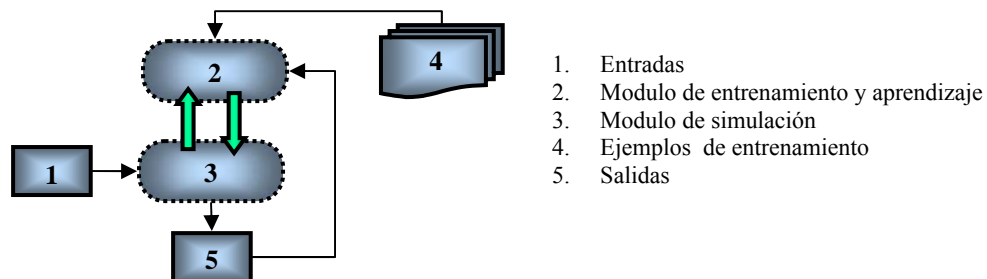


Figura 21. Modelo Inicial de las Redes Neuronales

Fuente: Los autores

4. SISTEMAS MULTIAGENTE (MULTI-AGENT SYSTEMS)

Definición

El dominio del sistema multiagente o de inteligencia artificial distribuida es una técnica que trata con los sistemas de inteligencia artificial en red. El bloque fundamental de construcción de un sistema multiagentes, como es de esperar, son los agentes. Aunque no existe una definición formal y precisa de lo que es un agente, éstos son por lo general vistos como entidades inteligentes, equivalentes en términos computacionales a un proceso del sistema operativo, que existen dentro de cierto contexto o ambiente, y que pueden comunicar entre si a través de un mecanismo de comunicación inter-procesos, usualmente una red, utilizando protocolos de comunicación.

En cierto modo, un sistema multiagente es un sistema distribuido en el cual los nodos o elementos son sistemas de inteligencia artificial, o bien un sistema distribuido donde la conducta combinada de dichos elementos produce un resultado en conjunto inteligente. Hay que esclarecer que los agentes no son necesariamente inteligentes. Existen como en todo el resto del dominio de la inteligencia artificial, dos enfoques para construir sistemas multiagentes: el enfoque formal o clásico y el constructivista.

El enfoque formal o clásico, que consiste en dotar de los agentes de la mayor inteligencia posible utilizando descripciones formales del problema a resolver, y de hacer reposar el funcionamiento del sistema en tales capacidades cognitivas. El enfoque constructivista, que persigue la idea de brindarle inteligencia al conjunto de todos los agentes, para que, a través de mecanismos ingeniosamente elaborados de interacción, el sistema mismo genere comportamiento inteligente que no necesariamente estaba planeado desde un principio o definido dentro de los agentes habitualmente llamado: comportamiento emergente.

Los sistemas multiagentes proponen ayudas metodológicas de ingeniería de software, en este caso metodologías de ingeniería del software orientada a agentes (AOSE) y notaciones, es decir, artefactos de desarrollo que son específicamente concebidos para crear sistemas basados en agentes. Algunos ejemplos de metodologías orientadas a agentes, son: GAIA de Michael Wooldridge y Nick Jennings [WOOLDR00]. MASE y AgentTool de Scott A. Deloach [DELOAC01], AgentUML [BAUER01], y ADELFE [BERNON02].

Referencias

Uno de los trabajos dentro del campo musical es [WULFHO03] que propone un modelo para un sistema multiagente capaz de trabajar con música a través de un Sistema Musical Multiagente (SMM), su propuesta se basa en una comunidad de agentes que interactúan mediante eventos musicales MIDI simulando la conducta de un grupo musical. El resultado es la implementación de un sistema de acompañamiento inteligente donde los agentes se escuchan e interactúan entre sí, siendo de esta manera capaces de interpretar sus instrumentos con sincronismo y satisfacer sus metas internas, uno de los aspectos principales en la evaluación del sistema fue la inclusión de un músico real dentro de la comunidad de agentes para evaluar el desempeño de la misma ante la presencia humana, y con el objetivo a futuro de reducir la distancia entre músicos y ordenadores, las pruebas encontraron que era posible afectar el sincronismo a causa de irregularidades intencionales y no intencionales en la ejecución del músico.

En [WULFHO03] adicionalmente se le da especial atención a lo crucial que resulta la habilidad del agente para integrar este ambiente complicado y dinámico, debido principalmente a los factores temporales inherentes a la actividad musical, a pesar de tal habilidad, se presentan ocasiones en las que no se logra atender las metas principales por alguna razón como la irregularidad de un agente emisor, o los problemas con la propagación de los eventos o del algoritmo de percepción. Tales factores sugieren la constitución de funciones de utilidad, para determinar cuándo su comportamiento las satisface. Por lo que se definen planes que se encargan de los objetivos primarios, en la Tabla 6 se muestra un ejemplo del tratamiento de las metas por un agente musical.

Los agentes rítmicos y armónicos	En inicio de su actividad, aplica en un período previamente definido. Si su período y su fase son similares a los percibidos, se adapta gradualmente a lo percibido. Si su período es diferente de lo percibido, hace una evaluación completa del período y se decide si tiene que persistir o cambiar su pulso.
Los agentes armónicos	Si su grado armónico de confianza es alto, interpreta las notas según la armonía presente.

Tabla 6. Ejemplo del tratamiento de las metas por un agente musical

Fuente: [WULFHO03]

También se ofrece una caracterización para tipificar los agentes musicales basándose en las funciones específicas que asumen los músicos dependiendo del contexto. Diciendo que “...*más allá de los objetivos específicos de un agente, sus propias características inherentes pueden determinar su ejecución...*”. Las características posibles para un agente musical se presentan en la Tabla 7. Finalmente agregan que:

“...La personalidad de un músico debe ser adecuada para sus objetivos. Los acompañantes son típicamente Flexibles o Persuasivos, pero nunca Inflexibles. Un solista, a su vez, puede ser Lírico, Siendo Improvisador y Líder. Un percusionista, en la música pop, es generalmente un Líder. A falta de un director de orquesta, las combinaciones posibles son numerosas. El factor de regencia no está presente en este estudio, ya que podría implicar una centralización indeseada para el sistema...”

Característica	Descripción
Cuidadoso	Toca el instrumento sólo si tiene un armónico alto y grado de confianza en la medida
Líder	Toca el instrumento afianzadamente, estimulando a otros músicos a adaptarse

Inflexible	Persistente en su sentido de la medida
Flexible	Se adapta a cualquier cambio percibido de medida
Persuasivo	Gradualmente intenta regresar a su tiempo "ideal"
Improvisador	Propone implícitamente cambios armónicos nuevos
Lírico	No tan preocupado en seguir el tiempo de otros. Propone cambios de tiempo cuando lo considera apropiado y seguro.

Tabla 7. Caracterización de tipos de agentes musicales.

Fuente: [WULFHO03]

#	Regla
1	Los intervalos entre pares de notas en las melodías de dos partes no deberían ser disonantes (los intervalos de segundas, cuartas, y séptimas no están permitidos).
2	Debería existir una consonancia perfecta (intervalos de unísono, octava, los quintas perfectas) en los primeros y últimos lugares de la melodía.
3	El unísono solo está permitido para los primeros o los últimos lugares de la melodía.
4	Las quintas paralelas y las octavas no están permitidas.
5	La diferencia entre el intervalo actual y el previo (cuando es quinta o octava) deberían ser dos.
6	El intervalo entre ambos tonos no puede ser mayor que una décima.
7	A lo sumo cuatro terceras o sextas están permitidas.
8	Si ambas partes se pasan en la misma dirección, entonces ninguno se pasará más que un cuarto.
9	En cada parte, el tono nuevo es diferente al previo.
10	No se permiten más de dos consonancias perfectas en la segunda parte. Sin incluir las primeras y las últimas notas.

Tabla 8. Reglas de valides de un par de notas en una melodía polifónica.

Fuente: [GOLDMA99]

El subsistema basado en agentes distribuidos de NegNet⁹⁴

El subsistema de agentes de NegNet fue implementado usando MICE⁹⁵. En la implementación expuesta en [GOLDMA99] cada una de las dos voces es representada por un agente. La meta global del sistema es componer una melodía de dos partes siguiendo las reglas de estilo. Además, cada agente tiene su propia meta individual (componer su melodía por la elección las notas correctas). En particular, cada agente tiene que cumplir con los criterios estéticos que existen para su voz; Al mismo tiempo, tiene que componer la voz en cierto modo compatible con el otro agente de tal forma que ambos conjuntamente resulten en un contrapunto de dos partes.

En cada unidad de tiempo en las simulaciones realizadas, cada agente recibe de la red neuronal un vector de activaciones para todas las notas entre las cuales puede hacer una elección. Dado que las elecciones de ambos agentes podrían estar en conflicto con relación a las reglas del estilo y sus preferencias. Se empleo un protocolo de negociación⁹⁶ para permitir a los agentes coordinar y lograr sus metas mutuamente. Los agentes harán negociaciones sobre todas las otras combinaciones posibles hasta obtener el resultado que sea globalmente superior.

En principio, cada agente puede sugerir cualquiera de la n notas posibles admitidas por la mayoría de la red. No todos estos pares de combinaciones de nota serán legales según las reglas. Además, existirán combinaciones específicas que son preferidas sobre otras según el contexto actual. Esta idea es expresada en este módulo computando una función de utilidad para cada par de notas. En este sentido, la meta de los agentes es estar de acuerdo en el par de notas para que sea válido y también logre el valor de utilidad máximo entre todas las opciones.

⁹⁴ Ver la sección sobre las referencias de las redes neuronales artificiales.

⁹⁵ cit. T.A. Montgomery, J. Lee, D.J. Musliner, E.H. Durfee, D. Damouth and Y. So, *MICE Users Guide*, Artificial Intelligence Laboratory, Department of Electrical Engineering and Computer Science, University of Michigan, Ann Arbor, MI, 1992.

⁹⁶ cit. J.S. Rosenschein and G. Zlotkin, *Rules of Encounter*. MIT Press, Cambridge, MA, 1994.

Luego de seleccionar el par de notas que a logrado la utilidad máxima, ambos agentes alimentan sus redes con este resultado como el contexto actual de manera que las redes puedan predecir la siguiente salida. Cada agente, luego, recibe una nueva entrada basada en esta salida, y el paso de la negociación se repite hasta que la melodía se completa.

El término en la función de utilidad que codifica las reglas de un estilo dado esta expresado para esta implementación en particular como una equivalencia a las reglas del estilo vocal polifónico del siglo XVI⁹⁷. El par de notas es considerado legal según las reglas presentadas en la Tabla 8.

Modelo Inicial

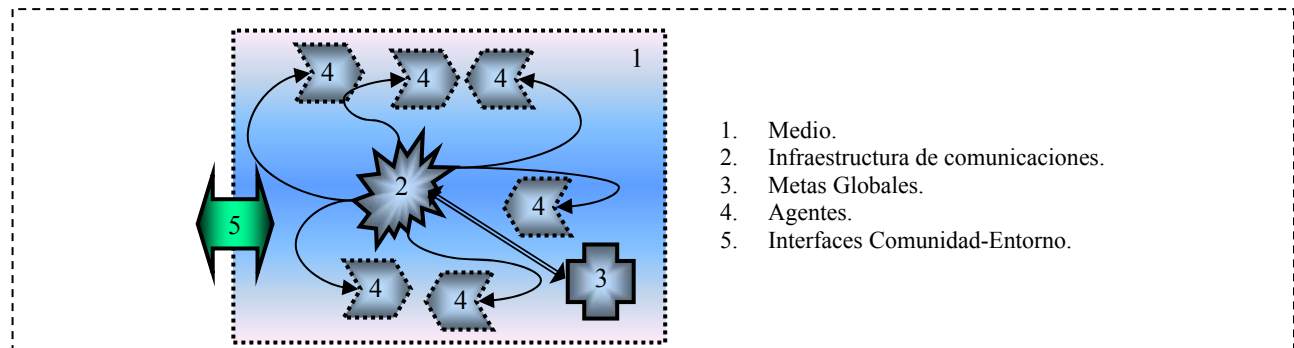


Figura 22. Modelo Inicial de los Sistema Multiagente

Fuente: Los autores

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El objetivo general consistió en estudiar y verificar hasta que punto eran aplicables a la disciplina de la Composición Musical, 12 técnicas relacionadas con la Inteligencia Artificial, ya ampliamente usadas en otras áreas para la construcción de software, proporcionar un conjunto de modelos orientados a la obtención de un prototipo de herramienta que facilitase las tareas del compositor musical empleando la fusión de las técnicas estudiadas, a partir de una arquitectura propuesta. Con el propósito de fusionar varias técnicas e intentar demostrar las posibilidades potenciales para la composición asistida por computador.

En este trabajo se presenta una primera parte de los conceptos recopilados tras el estudio y la evaluación de diferentes técnicas relacionadas con la inteligencia artificial y actualmente empleadas (o potenciales) para la composición musical asistida por ordenador. Se seleccionaron algunas de las más relevantes para incluirlas aquí. Para cada una de las técnicas se incluyó una definición, algunos de los tópicos relacionados, referencias de los trabajos más representativos y el modelo inicial. La representación propuesta para el modelo inicial esta orientada a esclarecer los potenciales aportes a la propuesta de una arquitectura integradora para la composición asistida por ordenador.

Las técnicas incorporadas en esta primera parte fueron Aprendizaje Automático (Machine Learning) , Ingeniería del conocimiento (Knowledge Engineering) , Redes neuronales artificiales (Artificial Neural Networks) , Sistemas Multiagente (Multi-Agent Systems), el estudio estas técnicas y de las técnicas restantes permite establecer una clasificación donde se identifican las categorías de aplicaciones dentro de la CAO.

A partir de la clasificación anterior es posible identificar con más exactitud los tipos de datos involucrados dentro de cada una de las técnicas tras asociarles unas aplicaciones específicas. Tras identificar con un nivel más minucioso los datos involucrados en el empleo de cada una de las técnicas para las diferentes categorías de aplicación propuestas, resulta posible proponer un modelo que permita tipificar sus potenciales de aplicación de tal manera que se pueda hacer referencia a las técnicas desde el punto de vista del proceso o los procesos para los que puede contribuir de una forma más eficiente, es decir los objetivos para los que una técnica puede resultar más productiva.

⁹⁷ cit. K. Jeppesen, Counterpoint the Polyphonic Vocal Style of the Sixteenth Century (Dover, New York, 1992).

El trabajo futuro consiste en el diseño y la construcción de un del framework completo y que esté acorde con una propuesta de arquitectura para el desarrollo de aplicaciones de CAO con técnicas de IA, que se pueda llevar a cabo de forma incremental, implementando según las necesidades cada uno de los componentes requeridos para los distintos prototipos. La construcción de los componentes específicos, dada la cantidad de técnicas incorporadas en la arquitectura, ocasionara que la implementación del framework represente el llevar a cabo varios subproyectos con objetivos claramente condicionados de acuerdo a las distintas técnicas a emplear, subproyectos orientados a establecer la “sinergia” entre las combinaciones de unas técnicas u otras.

REFERENCIAS

1. [AITOPICS] American Association for Artificial Intelligence [AAAI]. Dynamic library of introductory information about Artificial Intelligence. Disponible en: <http://www.aaai.org/AITopics/html/welcome.html> [Consultada: 06/14/06]
2. [ALIEV01] R. A. Aliev, R. R. Aliev. Soft Computing ant its applications. World Scientific Publishing Co. Pte Ltd. 2001.
3. [BAUER01] B. Bauer, J. P. Muller, and J. Odell, "Agent UML: A formalism for specifying multiagent software systems,". Int. J. Software Eng. Knowl. Eng. vol. 11, no. 3, pp. 207- 230, 2001.
4. [BERNON02] Carole Bernon, Marie-Pierre Gleizes, Sylvain Peyruqueou, Gauthier Picard - ADELFE, a Methodology for Adaptive Multi-Agent Systems Engineering - Third International Workshop "Engineering Societies in the Agents World" (ESAW-2002), 16-17 September 2002.
5. [DELOAC01] Scott A. DeLoach. Analysis and Design using MaSE and agentTool. presented at 12th Midwest Artificial Intelligence and Cognitive Science Conference (MAICS 2001)
6. [GOLDMA99] Claudia V. Goldman, Dan Gang, Jeffrey S. Rosenschein, Daniel Lehmann. NetNeg: A connectionist-agent integrated system for representing musical knowledge. Annals of Mathematics and Artificial Intelligence. Volume 25, Issue 1-2 , pp 69-90, 1999.
7. [MARHAS03] Francisco Jesús Martín Fernández, Yusef Hassan Montero. Qué es la Arquitectura de la Información. 2003. Disponible en: <http://www.nosolousabilidad.com> [Consulta: 23/07/2005].
8. [VISELL04] Yon Visell. Spontaneous organization, pattern models, and music. Organised Sound archive Volume 9, Issue 2, pp 151-165. 2004.
9. [WIDMER01] Gerhard Widmer. Using AI and machine learning to study expressive music performance: project survey and first report. AI Communications Volume 14, Issue 3, pp 149 – 162. 2001.
10. [WIDMER03a] Gerhard Widmer. Discovering simple rules in complex data: a meta-learning algorithm and some surprising musical discoveries. Artificial Intelligence, Volume 146 Issue 2. 2003.
11. [WIDMER03b] Gerhard Widmer , Simon Dixon , Werner Goebel , Elias Pampalk , Asmir Tobudic. In search of the Horowitz factor. AI Magazine, v.24 n.3, pp 111-130. 2003.
12. [WikiAI2005] Wikipedia: Arquitectura de la Información [En línea]. http://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura_de_la_informacion [Consulta: 28/07/2005].
13. [WOOLDR00] M. Wooldridge, N. R. Jennings, and D. Kinny. "The Gaia Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design". Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems 3 (3) pp 285-312. 2000.
14. [WULFHO03] Rodolfo Daniel Wulfhorst, Lauro Nakayama, Rosa Maria Vicari. A multiagent approach for musical interactive systems. Proceedings of the second international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems Melbourne, Australia, pp 584-591, 2003.

Modelo de Gestión del Conocimiento en las Pymes Colombianas

José Ignacio Rodríguez Molano
Universidad Distrital “Francisco José de
Caldas”, Facultad de Ingeniería,
Bogotá, Colombia
Jirorodriguez@udistrital.edu.co

Fredy Ulises Molano Puentes
Universidad Distrital “Francisco José de
Caldas”, Facultad de Ingeniería,
Bogotá, Colombia
fumolano@sena.edu.co

Giovanni Mauricio Tarazona
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá, Colombia,
gtarazona@udistrital.edu.co

ABSTRACT

In this paper an organizational management model of knowledge, in the field of the Colombian Pymes, is shown. According to the model, organizational issues and technological support are integrated in order to promote the Pymes development and interactivity. The model includes a cultural change process to facilitate the continuous improvement (Kaizen philosophy) and strengthening of the Pymes based on their vision and mission; besides, by developing and implementing indicators, a continuous assessment mechanism to evaluate and optimize Pymes management is included in the model; this mechanism is adapted from the Excellence EFQM and European models for the implementation of knowledge management systems in small and medium companies.

Keywords: Organizational model, knowledge management, Pyme, Information system, Balanced Scorecard

RESUMEN

En este artículo, se describe un modelo organizacional de gestión del conocimiento, en el ámbito de las pymes colombianas, donde se integran los aspectos organizacionales y las tecnologías de apoyo a su desarrollo e interactividad. El modelo incluye un proceso de cambio cultural para facilitar el mejoramiento continuo y el fortalecimiento de las pymes colombianas con base en su misión y visión, así como un mecanismo de evaluación permanente a través del desarrollo e implementación de indicadores para la medición y ajuste de la gestión de las pymes, basados en la adecuación de los modelos EFQM de Excelencia y Europeo para la implantación de sistemas de gestión de conocimiento en pequeñas y medianas empresas.

Palabras claves: Modelo organizacional. Gestión del conocimiento. Pyme. Sistema de Información. Balanced Scorecard.

Acrónimos

SI	Sistemas de Información (Information System)
GC	Gestión de Conocimiento (knowledge Management)
CMI	Cuadro de Mando Integral (Balance ScoreCard)

1. INTRODUCCION

Si bien es cierto que las pymes avanzan hacia la modernidad con cambios y rediseños en sus procesos, con adaptación y aplicación de estrategias administrativas y con una fuerte inversión en tecnología; lo que hará que aumente su competitividad y permita superar los retos del TLC, es el conocimiento que la organización tenga de si misma (socios, empleados, clientes, proveedores y su entorno) lo que asegura la sostenibilidad de la misma y para ello debe aplicar las teorías propuestas por la ciencia de Gestión de conocimiento.

El concepto “Gestión del Conocimiento” está de moda. Además, todas las empresas necesitan utilizarlo y de hecho lo hacen. ¿Qué empresario ignora que él mismo y sus empleados necesitan aprender y formarse continuamente para ser más eficaces, para mejorar el servicio que se da a los clientes, para reducir costes y para innovar? En definitiva, para ser más competitivos.

2. ANTECEDENTES

Como Pyme se conocen en Colombia las micro, pequeñas y medianas empresas, incluidas las famiempresas, entendidas como toda unidad de explotación económica ejercida por persona natural o jurídica en actividades empresariales, agropecuarias, industriales, comerciales o de servicios, rural o urbana que cumpla por lo menos dos de las siguientes normas: [1]

- Mediana Empresa: Debe tener una planta de personal entre cincuenta y uno (51) y doscientos (200) trabajadores ó activos totales por valor entre cinco mil uno (5001) a treinta mil (30000) salarios mínimos mensuales legales vigentes.
- Pequeña Empresa: Debe contar con una planta de personal entre once (11) y cincuenta (50) trabajadores ó activos fijos por un valor entre quinientos uno (501) y menos de (5000) salarios mínimos mensuales legales vigentes.
- Microempresa: Una planta de personal no superior a los diez (10) trabajadores ó activos totales sin contar la vivienda por valor inferior a quinientos (500) salarios mínimos mensuales legales vigentes.

La anterior es la definición de PYME de acuerdo a la Ley 905 de 2004 que modifica la Ley 590 de 2000 y cuyo objetivo es la promoción del desarrollo de micro, pequeña y mediana empresa, creando mercados altamente competitivos, fomentando la permanente creación y funcionamiento de la mayor cantidad de Mipymes. [2]

El sector de las pymes en Colombia se esta dinamizando cada día mas. Diariamente somos testigos del surgimiento de nuevas empresas con grandes ideas y planes de desarrollo, así como surgen, también desaparecen.

El desarrollo de las pymes colombianas se enmarca en ideas de negocio de tipo familiar, mezclado con experiencias laborales de cada uno de sus integrantes. La razón para muchas de ellas radica en:

- Incorrecta o deficiente implementación de soluciones tecnológicas. Muchas empresas salen al mercado o no tienen las adecuadas herramientas para ser competitivas.[3]
- Falta de asesores externos. Las empresas familiares colombianas son más débiles en órganos de gobierno corporativo. Según la supersociedades el 46% de ellas no tiene miembros externos en sus juntas directivas.[4]
- Falta de aprendizaje para usar el conocimiento interno y externo para mantenerse en el mercado diferenciando entre conocimiento explícito (el de un manual o un libro) y tácito (el de un experto). La clave debe radicar en convertir el conocimiento tácito en explícito, es decir utilice *el conocimiento de su empresa*. [5]

3. FILOSOFIA DEL MODELO

No hace falta convencer a nadie de que las verdaderas ventajas competitivas radican cada vez más en los elementos *intangibles* y cada vez menos en los elementos tangibles, maquinaria, equipo productivo, instalaciones, etc. Todo esto se puede comprar; sin embargo no existen mercados donde adquirir saberes, procedimientos, medios para mejorar el servicio a los clientes; para mejorar las relaciones con los proveedores fundamentales de nuestra empresa, porque somos sus clientes y esperamos de ellos al menos el mismo trato que pretendemos dar a los nuestros; para mejorar los procesos internos porque nuestra experiencia nos dice que los mismos equipos, máquinas y medios pueden ser más o menos rentables según las personas que los utilicen; porque estamos convencidos de que solamente la innovación permanente nos permitirá seguir en el mercado.[6]

Ha cambiado sustancialmente el entorno en el que operan las empresas, y también sus activos. Los más valiosos y productivos no aparecen en los balances; con las herramientas tradicionales tampoco sabemos cómo influyen en nuestras cuentas de resultados.

Los indicadores financieros son insuficientes porque no nos informan si estamos mejorando nuestras ventajas competitivas, si nuestras relaciones con los clientes y proveedores son cada vez mejores, y sobre todo, porque la contabilidad y sus estados financieros nos hablan del pasado pero no del presente ni mucho menos del futuro. Gestionar la pyme basándose en la contabilidad es como conducir guiado por el espejo retrovisor.

Conscientes de esta carencia, dos eminentes profesores norteamericanos, Kaplan y Nortón, crearon el Cuadro de Mando Integral (CMI) el cual propone que las empresas piensen, analicen y midan cuatro perspectivas.[7]

- **La perspectiva financiera.** Los números, los balances y las cuentas de pérdidas y ganancias.
- **La perspectiva cliente.** Pensar e identificar los tipos de clientes, los mercados, evaluando su rentabilidad, fidelidad, costes de adquisición de los mismos, formas de retenerlos.
- **La perspectiva procesos.** Trata de identificar aquellos procesos internos que añaden valor para el cliente. Por supuesto que algunos o muchos de estos procesos no contribuyen a maximizar la satisfacción del cliente, o del cliente interno, pero tendremos que preguntarnos su necesidad y su coste.
- **La perspectiva aprendizaje y crecimiento.** Uno de los pilares más importantes en los que se basan las tres perspectivas anteriores consiste en la capacidad de la empresa y de quienes trabajan en ella para aprender y crecer continuamente. Si en general el aprendizaje no se puede separar del trabajo, en las pymes no hay aprendizaje sin trabajo ni trabajo sin aprendizaje.

El éxito de cualquier empresa, grande, mediana o micro depende en último término de su capacidad para satisfacer las necesidades y las expectativas de quienes trabajan en ella y de quienes se relacionan con ella (proveedores, clientes, la sociedad o la comunidad en la que operan, etc.).[8]

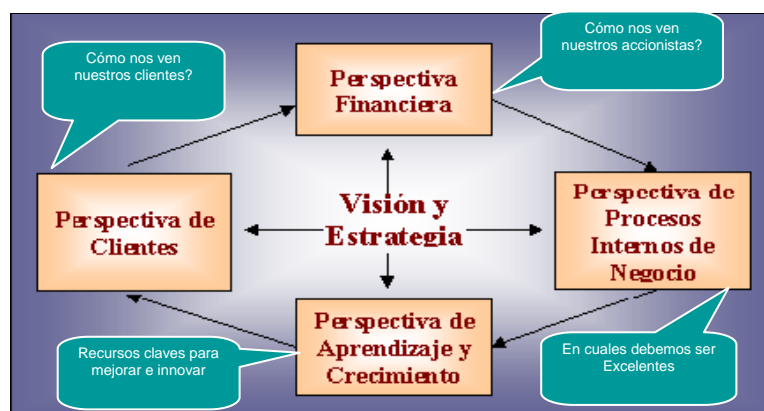


Figura1: *Balanced Scorecard. Fuente: Kaplan y Norton (1996)*

4. EL CUADRO DE MANDO INTEGRAL COMO HERRAMIENTA DE GESTION DE CONOCIMIENTO

En este documento presentamos nuestro punto de vista de la generación y gestión del conocimiento en las pymes. En cualquier tipo de empresa u organización, se concibe el conocimiento como el conjunto de capacidades que proporcionan a stakeholders⁹⁸ en la empresa un desempeño mejor, cuyos frutos son la mejora de los resultados financieros y no financieros a medio y largo plazo, de las relaciones entre todos los partícipes, y entre ellos y la empresa; en definitiva, el desarrollo, crecimiento y supervivencia de la empresa.

En la pyme esta vinculación de esfuerzos con resultados tiene que ser aún más visible, y a más corto plazo porque sus recursos (financieros, estructura y actividades de apoyo, y sobre todo tiempo) son aún más escasos que los que tienen empresas de mayor dimensión.

En este marco de referencia, estamos convencidos de que cualquier programa de formación en gestión del conocimiento para pymes debe empezar ofreciendo herramientas sencillas y valiosas, escalables, es decir que puedan utilizarse con mayor o menor amplitud y complejidad porque aunque todas son pymes, este concepto incluye pequeños talleres e incluso trabajadores autónomos, y empresas con cifras de negocios de decenas de millones de pesos. A partir de la implantación de las herramientas, el programa puede avanzar desarrollando los conceptos estratégicos y organizativos que justifican la aplicación de aquéllas, lo cual puede permitir esa graduación o escalada de los componentes de la herramienta.

El CMI es una herramienta que ayuda a empresarios y directivos a articular sus objetivos (que se basan generalmente en sus valores y expectativas) y también a medirlos para compararlos y comunicarlos a quienes trabajan con ellos. Pero la cuestión de comunicación no es tan importante en las pymes (todos nos vemos con todos y hablamos formal y sobre todo informalmente). Mucho más lo es que el empresario/directivo piense y formule cuál es su visión estratégica, la comunique a sus trabajadores y a los demás partícipes (stakeholders).

Para que el CMI no se quede en un simple “Tablero de mando”, las mediciones tienen que estar vinculadas al propósito y los objetivos de la empresa, mediante relaciones de causa-efecto que en nuestro método se establecen a través de los bucles causales de la dinámica de sistemas popularizados por Peter Senge en sus libros “La quinta disciplina” y “La quinta disciplina en la práctica”.

4.1 CONSIDERACIONES GENERALES EN LA APLICACIÓN DEL MODELO

El TLC que el Gobierno Colombiano está negociando, hace que las diferentes organizaciones empresariales se conviertan en una *organización inteligente*. El valor de la organización inteligente es que permite implementar en corto tiempo la generación de lealtad y de calidad del servicio de los clientes, trabajadores y proveedores, y mantenerlas en el largo plazo.

La organización inteligente fue desarrollada en principio por Peter Senge. Kart Albrecht la retomó y le dio un enfoque desde la inteligencia social, lo cual le permitió medir los resultados. Este modelo reúne siete componentes que pueden ser medibles [9]:

1. **Visión estratégica:** la organización con todos sus empleados debe responder a las preguntas ¿Quiénes somos? ¿Por qué existimos? ¿Por qué podría el mundo aceptar, apreciar y valorar lo que hacemos?
2. **Valores Compartidos:** da a conocer la misión y los propósitos comunes a cada uno de los stakeholders.
3. **Apetito por el Cambio:** el cambio representa desafío y oportunidad para vivir experiencias nuevas. Reinventar el modelo de negocio.
4. **Corazón:** la voluntad de los empleados de contribuir algo más de lo esperado.
5. **Alineación y congruencia:** las políticas, los valores y las expectativas conllevan un esfuerzo humano más allá de los valores corporativos, y esto justifica la existencia continua de la organización.
6. **Desarrollo del conocimiento:** las empresas tienen éxito o fallan según el uso eficaz del conocimiento, de la información y los datos. Las empresas dependen del conocimiento adquirido, los conocimientos técnicos, la sabiduría, la capacidad adquirida por su gente.

⁹⁸“stakeholders”, que son todas aquellas personas o grupos interesadas en el buen funcionamiento y supervivencia de la empresa: empleados, clientes, proveedores, accionistas, y la sociedad en general.

7. **Presión por el desempeño:** el cumplimiento y logro de los objetivos estratégicos. Los líderes pueden promover y apoyar un sentido de la presión por el desempeño, pero tiene mayor impacto cuando es aceptado por todos los miembros de la organización como un sistema autoimpuesto de expectativas mutuas y como un imperativo operacional para el éxito compartido.



Figura 2: Modelo Organización Inteligente

5. MODELO PROPUESTO

Este modelo⁹⁹ tiene como objetivo analizar, conocer y desarrollar aquellos estudios, metodologías y herramientas que permitan a las pymes Colombianas afrontar, desde una posición mas competitiva, dos de los grandes retos a los que se enfrentan las empresas en el entorno globalizado actual y que hacen referencia a las *Pyme Extendida* y la *Pyme Competitiva*. Para ello se debe trabajar de forma coordinada e integrada en las siguientes áreas:

Finanzas: Elaboración de un modelo de gestión financiera de las PYMEs adaptado a la nueva realidad de la creación de redes colaborativas (Clusters) en un contexto nacional e internacional, teniendo como subobjetivos [10]:

- Analizar de forma general el proceso de globalización económica y de la globalización de los mercados financieros, con los principales efectos que se manifiestan sobre la gestión financiera de estas empresas.
- Analizar las peculiaridades de estas empresas en cuanto a los problemas de gestión financiera, valoración y financiación que presentan, teniendo en cuenta la necesidad de creación de redes, la internacionalización, la dificultad para valorar los intangibles, y la incorporación de las TICs.
- Elaboración de un modelo de gestión financiera adaptado a la existencia de redes colaborativas y a la globalización de los mercados financieros.

Conocimiento y satisfacción de los clientes: Desarrollar un Modelo (que incluye teorías, modelos parciales, técnicas, métodos y herramientas) para el proceso global de Gestión Comercial en las PYMEs que trabajan en red y en un contexto internacional, incluyendo los aspectos relativos a nuevos enfoques sobre el conocimiento y satisfacción de los clientes de acuerdo con las tendencias comerciales de la Nueva Economía. Como objetivos parciales se consideran [11]:

- Analizar las peculiaridades de las PYMES en cuanto a los problemas de gestión comercial y la incorporación de las TICs.
- Proporcionar metodologías y modelos que contribuyan a mejorar la capacidad de gestión comercial.
- Desarrollar nuevos enfoques, modelos de gestión, contrastando su aplicabilidad en pymes colombianas.

Capital Social en el Desarrollo Local: Estudiar como afecta el capital social (capacidad colectiva de los agentes socio-económicos claves de un territorio para formar y usar redes u otras formas de cooperación) a los resultados de desarrollo local, y de las PYMEs internacionalizadas localizadas en Clusters empresariales [12].

⁹⁹ Modelo adaptado de Proyecto de investigación Precompetitivo y desarrollo de tecnologías BEDI-Empresa EDEK, teniendo en cuenta el modelo BSC de Kaplan y Norton (1996)

Interoperabilidad: Definir metamodelos para especificar procesos de negocio y aplicaciones que fomenten y permitan la interoperabilidad de una manera eficiente. Describir una metodología para la utilización del metamodelo definido para especificar procesos empresariales y aplicaciones para interoperabilidad. Desarrollo de metodologías para el modelado de niveles de madurez de interoperabilidad de aplicaciones, procesos y organizaciones. [13]

Negocio Electrónico: Diseñar, desarrollar y evaluar una Plataforma de Negocio Electrónico en un entorno internacional, flexible, mediante la incorporación de capacidades semánticas en base a Ontologías, y abierta mediante su conformidad con la infraestructura normalizada WebXML. [14]

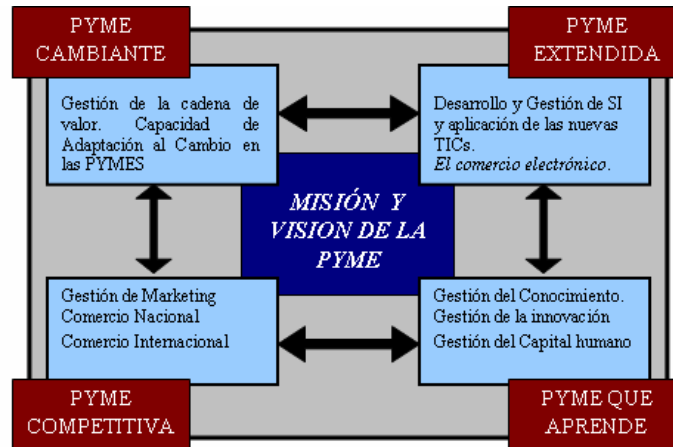


Figura 3: Modelo de GC aplicado en Pymes Colombianas (Fase I)
Fuente: Elaboración Propia

5.1 EXPLICACION DETALLADA DEL MODELO

5.1.1 Fase I

Misión y Visión de la Pyme

La definición de la misión y visión de la organización es el eje central del modelo, dado que nos indica el camino que se debe seguir, así como la definición de las estrategias y a su planificación para el cumplimiento de los objetivos a corto, mediano y largo plazo. Los objetivos estratégicos deben estar encaminados al desarrollo y cumplimiento de las metas que se establezcan en los cuadrantes que potencian la organización.

Cuadrante Gestión de la cadena de valor

El desarrollo de nuevos procesos, la incorporación de nueva tecnología, la adecuación de herramientas administrativas, la adecuación de los procesos internos de la empresa de cara a la obtención de la satisfacción del cliente y conseguir altos niveles de rendimiento financiero mediante reducción de costos. Para alcanzar este objetivo se propone un análisis de los procesos internos desde una perspectiva de negocio y una predeterminación de los procesos que generen valor. La capacidad de adaptación de la Pyme a las exigencias cambiantes de índole nacional e internacional es fundamental en este proceso.

Cuadrante Desarrollo y Gestión de SI y aplicación de las nuevas TICs.

Tener más o menos tecnología no diferencia a una empresa en el mercado. La calidad de los datos y la rapidez para procesarlos y conseguir información estratégica es lo que puede ayudarle a brillar ante la competencia. La información es la base de los negocios, de su uso y protección depende el futuro de las pymes. El verdadero valor de la estrategia electrónica dependerá de las aplicaciones que se escojan y que corran sobre estas plataformas de negocios. Se debe buscar la que mejor se adopte a la pyme. Se recomienda una plataforma de fácil acceso y que se complemente con una política de desarrollo en comercio electrónico.

La inversión de las empresas colombianas en tecnologías de informática y telecomunicaciones, TIC, no supera el 1% de su capital. El proyecto Primeros, de Confecamaras y el BID, y el programa Proveeduría Virtual Logística, de FENALCO, son algunos de los que están ayudando a la pyme a entrar en le mundo de comercio electrónico.

Cuadrante Gestión del conocimiento, Gestión de innovación. Gestión de capital humano

El conocimiento que la organización tiene de sus procesos, de los clientes y de sus empleados, permite que se adopten estrategias para el desarrollo de nuevos productos. La innovación implica necesariamente llevar un producto o servicio al mercado donde se decidirá su éxito o fracaso comercial.

Las políticas que se adopten para la motivación, compensación y vinculación de nuevos trabajadores permitirá potenciar su desarrollo y su compromiso para con la organización. El como administrar el potencial humano de la organización evitara las rotaciones altas de personal.

Cuadrante Gestión de marketing.

El conocimiento de los clientes, del mercado y del desarrollo de nuevas políticas de mercadeo permitirá estar acorde con los desarrollos tecnológicos y la identificación de nuevas oportunidades de negocio. Actualmente las pymes colombianas interactúan con los llamados CallCenters los cuales se encargan de promocionar y atienden a los usuarios de una manera eficaz. Se hace necesario que se presente la interrelación entre lo cuadrantes, compartiendo objetivos, estrategias y mecanismos que permitan alcanzar la misión y visión de la pyme.

Pyme extendida

Las pequeñas y medianas empresas colombianas dan los primeros pasos en el mundo de los negocios electrónicos. Apalancadas sobre la Web se extienden para conectarse con sus clientes, proveedores y distribuidores, una de las ventajas de una estrategia de negocios electrónicos es la automatización de procesos. Se introduce un nuevo concepto en servicio al cliente lo que implica irónicamente tratar menos con el y hacer que estos procesos se faciliten en autoservicio. El comercio electrónico no es el comienzo del fin del vendedor, pero si de transformación. Este dejaría de tomas pedidos y pasaría a fomentar la relación con el cliente.

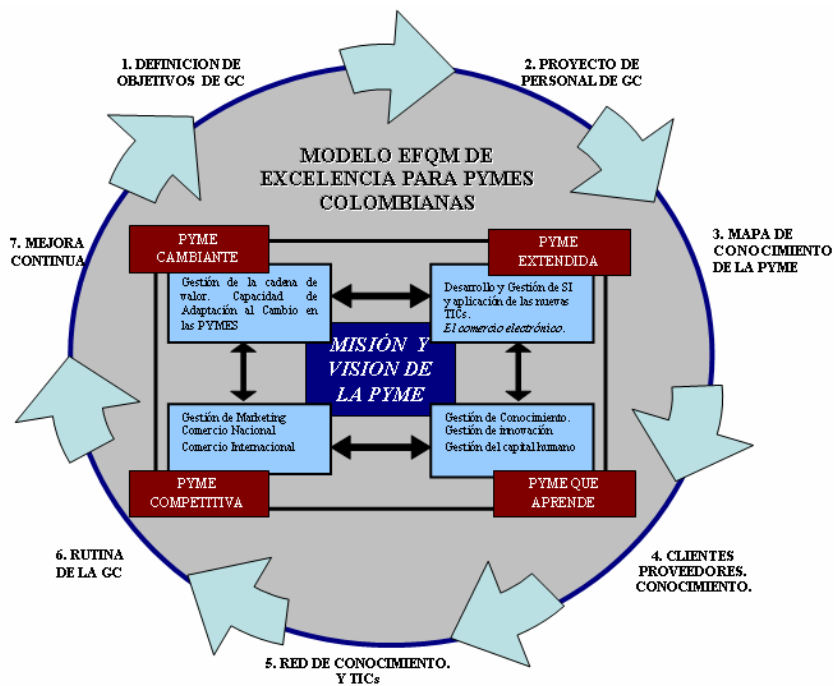


Figura 4: Modelo de Gestión de Conocimiento Aplicado en Pymes Colombianas
Fuente: Elaboración Propia

5.1.2 Fase II

Una¹⁰⁰ vez que se ha desarrollado el modelo de la fase I, se debe pasar a la aplicación del modelo EFQM de Excelencia, el cual permitirá abarcar todas las áreas del funcionamiento de la organización. [15]

La complementación del modelo propuesto radica en la interacción que tiene el modelo EFQM de Excelencia con el modelo de implantación de gestión del conocimiento para pequeñas y medianas empresa europeas. [16]

Etapas 1: Definición de objetivos para la gestión del conocimiento

En primer lugar se encuentra la auto-evaluación y la definición de los objetivos de las pymes: ¿cómo manejamos el conocimiento, para qué necesitamos la gestión del conocimiento, qué beneficios esperamos? O: ¿qué hay que modernizar en nuestro sistema?

Medidas de acción y elementos relevantes

Tareas de gestión del conocimiento (GC) en esta Etapa

- Comunicar, dentro de la gestión de la empresa, las ideas y los beneficios de la gestión del conocimiento(GC)
- Identificar la importancia de la (GC) en la pyme y que sea reconocida por todo el mundo.
- Comprobar el plan de la pyme y los objetivos para la demanda de conocimiento.
- Comprobar cómo se utiliza el conocimiento en la organización
- Definir las demandas futuras de conocimiento y gestión del conocimiento
- Definir los “objetivos de conocimiento”: una tarea del alto ejecutivo
- Diseñar objetivos de proyectos concretos
- Nombrar un directivo, la gestión del conocimiento necesita una cara
- Establecer un ejemplo de “cultura del conocimiento”, es una tarea del alto ejecutivo
- Desarrollar una estrategia de conocimiento partiendo del plan de empresa y de los objetivos de conocimiento

La idea gestionar sistemáticamente el conocimiento se basa en el principio de que el conocimiento es un recurso tan importante en la empresa moderna como cualquier otro y por lo tanto merece ser tratado de un modo responsable y estructurado. Las decisiones estratégicas son el punto de partida de todas las pymes individuales a la hora de introducir la gestión del conocimiento (GC) y de restablecer la gestión del conocimiento (GC) una y otra vez.

La estrategia pertenece a la alta dirección.

Tareas de gestión de personal y formación en esta fase

- Replanteese su comprensión de la gestión de personal
- Amplíe sus métodos de gestión: aprenda y asimile la gestión mediante objetivos de conocimiento
- Difunda su comprensión de la cultura del conocimiento de la propia organización
- Compruebe su gestión de personal y utilícela para la GC

Mejore el plan de formación de su organización. En la formación, asegúrese de que se fomenta la cultura del conocimiento.

Etapas 2: Proyecto de personal "gestión del conocimiento"

La gestión del conocimiento (GC) permite ayudar a los empleados con el conocimiento de la organización y ofrecer el conocimiento del empleado a la organización. Los empleados deben integrar el sistema GC en su trabajo participando en la implantación o la modernización. ¿Cómo se puede comenzar un proyecto de empresa de “gestión del conocimiento basada en el empleado”?

Tareas de gestión del conocimiento (GC) en esta Etapa

- Fomente la cooperación efectiva entre la gestión de la empresa y la GC: de arriba a abajo.
- Establezca una estructura visible para el proyecto GC: ¿quién es la persona que emprende la GC, quién se une?
- Haga operativos los objetivos del proyecto y que sean comprensibles y visibles de manera general
- Defina los objetivos o hitos del proyecto GC
- Organice la monitorización del proyecto y su cobertura.

¹⁰⁰ Modelo adaptado de http://knowman.ifw.uni-bremen.de/stage_1_1.es.htm

- Desarrolle, difunda, pruebe y actualice un lenguaje común para la GC.
- Proporcione a su organización un glosario selecto y adaptado para la terminología GC
- Planee derechos e incentivos para los futuros usuarios
- Introduzca una planificación TIC

Tareas de gestión de personal y formación en esta Etapa

- Entienda la GC y la gestión de personal como un conjunto
- Identifique los interfaces de GC para la gestión de personal y la planificación de la formación, desarrolle sinergias.
- Reflexione y debata las habilidades clave requeridas para la GC
- Identifique las barreras para el intercambio de conocimiento.
- Identifique las necesidades de formación
- Amplíe la formación en equipo a los procesos de conocimiento
- Prepare la formación TIC, la planificación de la formación necesita de análisis

Etapa 3: Mapa de conocimiento de la organización

¿Qué conocimiento o qué fuentes de conocimiento se encuentran en la empresa y dónde? ¿Dónde se necesita el conocimiento? Llevar un registro del conocimiento es fundamental para la GC. ¿Qué elementos se deben considerar en la producción de un “mapa” de conocimiento?

Tareas de gestión del conocimiento (GC) en esta Etapa

- Seleccione una perspectiva apropiada del conocimiento de su empresa: planee un “mapa de conocimiento”, “páginas amarillas” o algo similar
- Identifique el conocimiento clave y las funciones críticas o exitosas del conocimiento en su organización: ¿qué debe hacerse transparente?
- Oriéntese por los procesos de su empresa: ¿Dónde y qué procesos de conocimiento se desarrollan?
- Identifique los canales de conocimiento en su organización
- Descubra el valor total del conocimiento interno: ¿es accesible?
- Preste atención al hecho de que además del conocimiento explícito, existe un conocimiento informal valioso.
- Organice toda la participación requerida de los empleados.
- Reactive la información documentada y el conocimiento explícito
- Publique” el conocimiento informal
- Asegure las competencias de la empresa a la hora de contratar o reemplazar personal
- Cree la base de confianza para los análisis de capacidades y los perfiles de conocimiento de los empleados: los derechos para los aportadores de conocimiento y para el personal interesado en una formación adicional.
- Desarrolle análisis de capacidades con los empleados implicados.

Tareas de gestión de personal y formación en esta Etapa

- Organice desaprendizajes conscientes: “el conocimiento como una posesión”
- Promueva habilidades clave para un intercambio fructífero de conocimiento: moderación y multiplicación
- Utilice el desarrollo del mapa de conocimiento para la formación de expertos en tanto que multiplicadores
- Utilice el desarrollo del mapa de conocimiento para la formación del personal en la adquisición de información y conocimiento

Etapa 4: Clientes - proveedores - conocimiento

Las PYMES no giran en torno a sí mismas, las PYMES trabajan dentro de un sistema. Trabajan para los clientes, trabajan con proveedores, actúan en el mercado, el derecho y la sociedad. Todo ello constituye un reto para la GC de la empresa: ¿Cómo garantizar un conocimiento suficiente sobre el entorno de la empresa? ¿Cómo aprender del entorno?. La planificación y el control de la captura de conocimiento del exterior es tarea estratégica de la dirección de la empresa. La relevancia aumenta con la explosión de conocimiento y con los requisitos de competencia para que la empresa sea capaz de ofrecer rápidamente know-how especializado a la vez que completo a sus clientes.

El auto-conocimiento sobre las fuentes internas de conocimiento relacionadas con el entorno exterior y las fuentes externas de conocimiento que la empresa ya posee en sus relaciones exteriores actuales es aún más relevante, por tanto es necesario conocer lo que se necesita de las fuentes externas y lo que le conviene.

Tareas de gestión del conocimiento (GC) en esta Etapa

- El conocimiento sobre el entorno de la empresa y la adquisición de conocimiento del exterior son de valor estratégico. Garantice el control y una planificación integrada.
- Organice el conocimiento relevante: el desarrollo de un producto necesita del conocimiento global sobre el entorno de la empresa
- Analice el entorno más próximo a su empresa desde una perspectiva de conocimiento: para quién queremos ser competitivos, de quién queremos aprender
- Identifique en la empresa las fuentes internas de conocimiento sobre su entorno
- Procure la información sobre sus clientes en "conocimiento del cliente capital"
- Revalorice las quejas y los servicios post-venta en fuente de conocimiento sobre los clientes
- Desarrolle la evaluación de sus proveedores como un intercambio de información con sus proveedores
- Organice el intercambio de conocimiento también en la cadena cliente-proveedor
- Considere las alianzas de conocimiento entre empresas

Tareas de gestión de personal y formación en esta Etapa

- Optimice la relación entre la acumulación interna de conocimiento y la adquisición externa de conocimiento
- Los agentes de transferencia de conocimiento externos deberían incrementar la capacidad de aprendizaje de su empresa y no reemplazarla
- Organice deliberadamente desaprendizajes: promueva la recepción del conocimiento de otras personas
- Abra un servicio para los demandantes de conocimiento
- Considere la rotación de puestos de trabajo entre empresas para el intercambiar conocimiento
- Asegure la multiplicación interna del conocimiento adquirido del exterior: forme a sus formadores como parte esencial de toda formación
- Organice la transferencia de prácticas
- Dirija la contratación de personal mediante objetivos de conocimiento

Etapa 5: Red de conocimiento y TIC

Las condiciones necesarias para una red de conocimiento adecuada sólo se cumplen si la empresa sabe qué usuarios necesitan qué conocimiento y dónde está disponible dicho conocimiento, dentro o fuera de la empresa. Después, la tecnología de la información y de la comunicación (TIC) ofrece nuevas posibilidades. ¿Cómo consigue una PYME unas TIC apropiadas?

Tareas de gestión del conocimiento (GC) en esta Etapa

- Haga que todo el mundo lo tenga claro: las TIC son una herramienta, tan buena como la organización que la utiliza
- Consolide todo el conocimiento interno relevante sobre las TIC para tomar la decisión más adecuada a la hora de realizar mejoras o compras adicionales, el mercado de las TIC es demasiado amplio
- Examine las posibles soluciones TIC para los elementos de GC que está planeando
- Soluciones TIC para el identificar, almacenar y mantener el conocimiento
- Soluciones TIC para generar y transmitir conocimiento: uso y divulgación
- Compruebe si son o no apropiados los sistemas organizativos existentes y los medios de almacenamiento
- Establezca la red de conocimiento de un modo holístico:
¿A quién hay que ayudar? – al personal ; ¿Qué tiene que potenciarse? – el conocimiento central y los procesos de conocimiento ; ¿Por qué?- los objetivos de la empresa ; ¿Cómo?- las soluciones TIC
- Considere el impacto de las nuevas TIC en los procesos de la empresa y las nuevas demandas de organización y de personal
- Identifique los puntos críticos para la adaptación de la solución TIC conforme a las necesidades individuales de su empresa

- Organice actos-eventos de puesta en marcha para las nuevas herramientas TIC. Tenga en cuenta que los usuarios deben aceptar sus herramientas.

Tareas de gestión de personal y formación en esta Etapa

- Observe que las TIC requieren y promueven el desarrollo del personal
- Identifique el conocimiento TIC de su organización
- Identifique las necesidades de formación Garantice el conocimiento básico
- Identifique las barreras para el uso de las TIC en lo que se refiere al flujo de conocimiento y acabe con ellas
- Reflexione: la formación en TIC para una red de conocimiento es más que una introducción técnica
- Esclarezca el sentido de las convenciones de atribución y las responsabilidades.
- Fomente el flujo de información: pulsar y obtener la información
- Utilice la formación en TIC para hacer encuestas sobre las necesidades del usuario, para la evaluación de las TIC y para adaptaciones.
- Descubra y pruebe nuevas formas de aprendizaje basadas en las TIC.

Etapa 6: La rutina diaria de GC

La rutina diaria es crucial para cada sistema de GC. ¿Es aceptada por el personal y mantiene el conocimiento en el sistema actualizado? ¿Está creciendo el conocimiento de la organización y la organización opera de manera más competente? ¿La empresa está adquiriendo externamente la posición de una organización competente y se puede beneficiar de ello? La gestión del conocimiento sirve para fomentar el uso sostenible del conocimiento. ¿Cómo funciona?

Tareas de gestión del conocimiento (GC) en esta Etapa

- Garantizar los principios básicos: Ahorro - Selección - clasificación – actualización de la información y del conocimiento por el personal
- ¿Qué debe ponerse en la red? Evite la confusión de información
- Crear incentivos para el uso, el suministro y el mantenimiento del sistema de GC
- Solicitar al personal o a los equipos de proyectos crear “temarios” y hacer que estén disponibles
- Desarrollar un conocimiento interno para el servicio a los clientes internos y externos: preguntas frecuentes o bases de datos de soluciones
- Realizar el “producto” a partir del conocimiento de la empresa
- Organizar la transferencia sistemática de conocimiento al personal nuevo: patrocinio del conocimiento
- Utilizar el sistema de GC para la formación y la coordinación de equipos y proyectos: gestión de habilidades
- Considerar la creación o la participación en redes de expertos formadas por distintas organizaciones

Tareas de gestión de personal y formación en esta Etapa

- Utilizar el conocimiento de la empresa para el desarrollo del personal
- Fomentar la puesta en común de conocimiento: formación de acogida
- Utilizar las TIC para el eLearning interno
- Fomentar las habilidades clave para el aprendizaje innovador: competencia de autoaprendizaje
- Ofrecer formación a fabricantes de productos para informar a los clientes: “formar al experto”
- Proveer formación a expertos internos para ser proveedores externos de conocimiento: “formar al experto”

Etapa 7: Mejora continua

La gestión del conocimiento GC y la mejora continua van unidas. ¿Qué aporta la mejora continua a la empresa? Esta pregunta introduce la evaluación del propio sistema de gestión del conocimiento (GC). ¿Dónde se requiere la mejora, dónde están los potenciales de mejora? ¿Cómo puede una PYME comprobar regularmente todos los campos de su sistema de GC?

Tareas en esta Etapa

- La gestión del conocimiento y el proceso de mejora continua están unidos pero, ¿cómo puede evaluarse la administración del conocimiento?
- Motive y forme a los usuarios para ser asesores del sistema de GC
- Motive y forme a los administradores de las TIC como agentes de referencia
- Mantenga viva la GC mediante proyectos concretos. Realice un seguimiento continuo de esos proyectos de GC

- Garantice el apoyo de los empleados en la evaluación del conocimiento, la selección y la innovación para la base de conocimiento, evite angustias y críticas en caso de devaluación.
- Motive a sus especialistas como asesores del sistema de GC.
- Promueva sugerencias de sus expertos para la planificación de la formación

6. CONCLUSIONES

- El surgimiento de una Pyme en Colombia radica fundamentalmente en la experiencia laboral de cada fundador, sin cumplir con los prototipos adecuados para su proyección asegurando un posicionamiento significativo en el mercado y una sostenibilidad a mediano y largo plazo.
- El grado éxito o fracaso que tenga la Pyme en la implementación de Gestión de Conocimiento dependerá en gran medida de la dirección y del compromiso de los directivos de las pymes con la generación, adecuación e implementación de modelos de gestión de conocimiento acordes a las realidades de su entorno.
- Para la supervivencia frente a la globalización por la cual atraviesa el país, las pymes colombianas deben adoptar la filosofía de un sistema abierto, priorizando en la maximización de su patrimonio tangible e intangible lo cual puede ser posible implementando un modelo de gestión de conocimiento integral que permita el logro de la misión, visión y objetivos estratégicos de la organización, permitiendo un crecimiento cotidiano y de esta forma asegurando su sostenibilidad.
- La importancia de una estrategia electrónica dependerá de las aplicaciones que se escojan y que encajen dentro de la plataforma de negocio. Se debe buscar las TIC's que mejor se adapte a la pyme, se recomienda una plataforma abierta, de fácil acceso y que se complemente con una política de desarrollo en comercio electrónico.
- Este modelo para las pymes colombianas propende la identificación de oportunidades de mejora en el entorno de la organización, su adaptación e implementación siguiendo una metodología que ha sido utilizada con éxito por pymes de la unión europea, con características similares a las pymes colombianas.
- La generación, adaptación e implementación de este modelo aproxima a la pymes colombianas a generar un entorno competitivo para los retos del TLC y el comercio con la UE, aplicando y utilizando las TICs existentes en nuestro medio.
- El ambiente político y económico colombiano es el propicio para la evolución de las pymes colombianas, aprovechando la preparación académica y el capital intelectual con la que actualmente cuentan nuestras organizaciones.

7. REFERENCIAS

1. Congreso de Colombia, Ley 905 de 2004 Promoción del Desarrollo de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa Colombiana
www.fgs.com.co/images/documentos/566LEY%20905%20DE%202004.doc
2. Soluciones ERP para Pymes
http://ontare.ean.edu.co/wiki/index.php/SOLUCIONES_ERP_PARA_PYMES:Marco_Te%F3rico:PYME
3. Revista dinero No.249 marzo 17de 2006. Las pymes deben prepararse para un mejor futuro. Pagina 108
4. Revista dinero No.240 octubre 14 de 2005. La hora decisiva, pagina 121
5. Revista dinero No.249 marzo 17de 2006. Utilice en conocimiento de su empresa. Pagina 136
6. Modelos de Medición de Capital Intelectual
<http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/gestcon/Downloads/Clases%20te%F3ricas/Modelos%20de%20medici%F3n%20de%20Capital%20Intelectual.ppt>
7. BALANCED BUSINESS SCORECARD (KAPLAN Y NORTON, 1996)
http://www.gestiondelconocimiento.com/modelos_balanced_business_scorecard.htm

8. Fredy molano, José Ignacio Rodríguez, maestría en CIC.
9. Revista dinero No.248 marzo 03 de 2006, Convierta su empresa en una organización inteligente. Pág.69
10. Arturo Rodríguez Castellanos, Sara Urionabarrenetxea Zabalandikoetxea, Leire San José Ruiz de Aguirre y Stanislav Youlianov Rangelov, Proyecto de investigación Precompetitivo y desarrollo de tecnologías BEDI GESTIÓN FINANCIERA Y VALOR EMPRESARIAL, DESAFÍOS PARA LAS PYMES EN UN ENTORNO GLOBALIZADO: EL CASO DE BIZKAIA
BEDI/PT2/Finanzas y Valor., 17 de junio de 2004
11. Pablo Díaz de Basurto Uruga, Proyecto de investigación Precompetitivo y desarrollo de tecnologías BEDI Conocimiento y Satisfacción de los Clientes en la Empresa Digital Extendida y basada en el conocimiento, BEDI/PT2/ Intercambio de Cocimiento en relación con los clientes.
Departamento de Organización de Empresas. U.P.V./E.H.U, 17 de junio de 2004
12. LABEIN, Proyecto de investigación Precompetitivo y desarrollo de tecnologías BEDI Capital Social– Capital Social en el Desarrollo y Expansión Local, BEDI/PT4/Capital Social., 17 de junio de 2004
13. ESI, Proyecto de investigación Precompetitivo y desarrollo de tecnologías BEDI – INTEROPERABILIDAD, Interoperabilidad en el ámbito de la PyME, BEDI/PT2/Interoperabilidad 08 de Julio de 2004
14. LABEIN, Proyecto de investigación Precompetitivo y desarrollo de tecnologías BEDI e-Business – Negocio Electrónico en el ámbito de las PyMEs Internacionalizadas de Bizkaia, BEDI/PT7/Negocio Electrónico, 17 de junio de 2004
15. Delgado Marqués. Javier, Modelo EFQM de Excelencia,
<http://www.tqm.es/TQM/ModEur/ModeloEuropeo.htm>
16. Knowledge management in 7 stages, http://knowman.ifw.uni-bremen.de/stage_1_1.es.htm

Redes Ópticas: Una Aplicación para la Sociedad del Conocimiento

Octavio José Salcedo Parra

Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”,
Bogotá, Colombia,
ojisalcedop@unal.edu.co

Fabio Alexis Triana

Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”,
Bogotá, Colombia
trianaftp@gmail.com

ABSTRACT

In this article an analysis of architectures SONET/SDH and DWDM appears and networks of optical Wavelength. SONET/SDH has formed backbone of many suppliers on watch and carrying networks during long time, whereas the networks of optical wavelength are relatively new. SONET/SDH is the underlying network of transport of the telephone system and is used in all the modern networks of commutation of packages, like IP and ATM. The networks of wavelength are also networks of commutation of circuits since the data transmission is done using optical connections that exchange circuits, well-known like “lightpaths”. Also a new connected optical scheme to a network appears, (OBS, optical burst switching), that can be seen like a state between the commutation of packages and the commutation of circuits, as well as the quality on watch in optical networks (OQoS) and its parameters, a description of procedure GFP (generic framing procedure) and of architecture Two (it dates to over SONET/SDH). GFP is a scheme of adaptation that allows the transmission of diverse types of traffic on SONET/SDH and, in the future, on G.709. Two are a network architecture that uses GFP (along with other two mechanisms) to provide an efficient transport of the services integrated of data on SONET/SDH. In order to finalize one is the future of the optical networks and the presented/displayed architectures, SONET/SDH and DWDM.

Key Words: PDH plesiochronous digital hierarchy, SONET synchronous optical network, SDH synchronous digital hierarchy, OBS optical burst switching, OQoS optical QoS, WDM wavelength division multiplexing, DWDM dense WDM, TDM Time Division Multiplexing, PCM pulse code modulation, OTN optical transport network.

RESUMEN

En este artículo se presenta un análisis de las arquitecturas SONET/SDH y DWDM y redes de Longitud de onda óptica. SONET/SDH ha formado el backbone de muchos proveedores de servicio y redes portadoras durante mucho tiempo, mientras que las redes de longitud de onda óptica son relativamente nuevas. SONET/SDH es la red subyacente de transporte del sistema telefónico y es usado en todas las redes modernas de conmutación de paquetes, como IP y ATM. Las redes de longitud de onda son también redes de conmutación de circuitos ya que la transmisión de datos se hace usando conexiones ópticas que conmutan circuitos, conocidos como “lightpaths”. También se presenta un nuevo esquema óptico conectado a una red, (OBS, *optical burst switching*), que puede ser visto como un estado entre la conmutación de paquetes y la conmutación de circuitos, así como la calidad de servicio en redes ópticas (OQoS) y sus

parámetros, una descripción del procedimiento GFP (*generic framing procedure*) y de la arquitectura DoS (*data over SONET/SDH*). GFP es un esquema de adaptación que permite la transmisión de diversos tipos de tráfico sobre SONET/SDH y, en el futuro, sobre G.709. DoS es una arquitectura de red que utiliza GFP (junto con otros dos mecanismos) para proporcionar un transporte eficiente de los servicios integrados de datos sobre SONET/SDH. Para finalizar se muestra el futuro de las redes ópticas y de las arquitecturas presentadas, SONET/SDH y DWDM.

Palabras Claves : PDH plesiochronous digital hierarchy, SONET synchronous optical network, SDH synchronous digital hierarchy, OBS optical burst switching, OQoS optical QoS, WDM wavelength division multiplexing, DWDM dense WDM, TDM Time Division Multiplexing, PCM pulse code modulation, OTN optical transport network.

1. INTRODUCCIÓN

Pese a que la existencia de infraestructuras de red basadas en fibra óptica no es hoy en día ninguna novedad, lo cierto es que en general las soluciones que se plantean para el transporte de datos sobre dichas infraestructuras vienen derivadas de arquitecturas de protocolos sustentadas normalmente por SONET o SDH.

SONET/SDH es ahora una tecnología de transporte digital madura, establecida en cada país del mundo. A principios de los años 80, cuando SONET/SDH aparecía, el tráfico de voz predominaba en las telecomunicaciones. Durante los últimos cinco años la demanda del ancho de banda se ha incrementado principalmente por el acceso a Internet, el e-commerce y la telefonía móvil. Este aumento en demanda, se ha compensado hasta ahora con una combinación de incrementos en los índices de transmisión (TDM - multiplexación por división de tiempo) y la transmisión de múltiples longitudes de onda a través de una sola fibra (DWDM – dense WDM). Pero como la red desarrolla índices de transmisión más altos, las limitaciones del medio físico (fibra óptica) se vuelven críticas. Y, sigue siendo un requisito controlar el costo y proporcionar a los clientes mejor calidad de servicio.

La última recomendación de la ITU es el estándar G.709, una interfaz para las estructuras de la red óptica de transporte (OTN optical transport network) con la experiencia y las ventajas ganadas de SDH y de SONET para proporcionar una vía a la próxima generación de redes ópticas. De hecho, el OTN está visto como la solución al creciente requerimiento de ancho de banda. Muchos de los conceptos en ITU-T G.709 tienen sus raíces en SONET/SDH, por ejemplo una estructura de capas, supervisión de funcionamiento de servicios, protección y otras funciones de administración. Sin embargo, algunos elementos dominantes han sido agregados para conseguir un mejor funcionamiento y reducir costos. En este artículo se mencionarán algunas características del estándar G.709 de ITU-T.

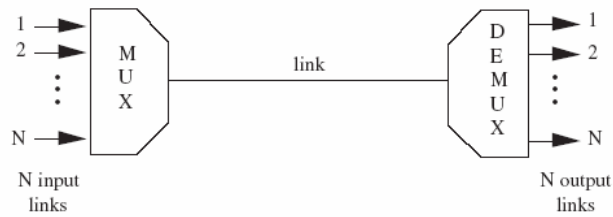
2. ANTECEDENTES

Hasta ahora, hemos sido testigos del desarrollo de tres generaciones de tecnologías de transporte digital para telefonía: PDH, SONET/SDH, y G.709.

La primera generación de tecnología de transporte digital fue PDH (*plesiochronous digital hierarchy*), de la cual el estándar T1 norteamericano y el estándar equivalente de ITU-T E1 son probablemente para la mayoría esquemas bien conocidos de transporte inicialmente de voz, desarrollados a principios de los años 60.

La multiplexación por división de tiempo permite que una transmisión de datos sea utilizada por muchos pares del transmisor/receptor. Un multiplexor combina las señales numéricas de N entradas en una sola señal numérica

compuesta, que se transmite al demultiplexor. El demultiplexor entonces explota la señal compuesta en las N señales numéricas individuales y las distribuye a sus acoplamientos correspondientes de la salida.



La transmisión de la señal multiplexada entre el multiplexor y el demultiplexor se organiza en tramas. Cada trama contiene un número fijo de espacios de tiempo “time slots”, asignados previamente a cada entrada.

F	Time slot 1	Time slot 2	Time slot 3	...	Time slot 24
---	-------------	-------------	-------------	-----	--------------

TDM es utilizado en el sistema telefónico. Las señales análogas de la voz se convierten a digital por modulación de código de pulso (PCM). Es decir, la señal de la voz se muestrea 8000 veces por segundo (cada 125µsec), y la amplitud de la señal es aproximada por un número de 8 bits, produciendo un flujo de datos de 64-Kbps.

El estándar norteamericano que especifica cómo multiplexar varias llamadas de voz sobre un solo enlace se conoce como el estándar de nivel de señal numérica, o estándar DS. Esto es un estándar digital genérico, independiente del medio transmisión.

El estándar DS especifica una jerarquía de diversas tarifas de datos. La nomenclatura de esta jerarquía es DS seguido por el nivel de la multiplexación. Por ejemplo, DS0 refiere a un solo canal de voz que corresponde a 64 Kbps, mientras que DS1 multiplexa 24 canales de la voz y tiene un índice de datos de 1.544 Mbps. Los niveles más altos en la jerarquía son múltiplos enteros del índice de datos DS1. La letra C es usada para el encadenamiento. Por ejemplo, la señal concatenada DS1C consiste en dos señales DS1 encadenadas para los propósitos de la transmisión.

Digital signal number	Voice channels	Data rate (Mbps)
DS0	1	0.064
DS1	24	1.544
DS1C	48	3.152
DS2	96	6.312
DS3	672	44.736
DS3C	1344	91.053
DS4	4032	274.176

El estándar DS es un estándar norteamericano. La jerarquía internacional estandarizada por ITU-T es diferente, y consiste en varios niveles de multiplexación. Por ejemplo, el nivel 1 multiplexa 30 canales de voz y tiene un índice de transmisión de datos de 2.048 Mbps; el nivel 2 multiplexa 120 canales de voz y tiene un índice de transmisión de datos de 8.448 Mbps; y así sucesivamente.

Level number	Voice channels	Data rate (Mbps)
0	1	0.064
1	30	2.048
2	120	8.448
3	480	34.368
4	1920	139.264
5	7680	565.148

Las dos jerarquías, DS y la de ITU-T se conocen como la jerarquía digital plesiochronous (PDH). Plesiochronous significa casi síncrono; se deriva del griego plesion, que significa casi igual, y chronos, que significa tiempo.

SONET (*synchronous optical network*) fue propuesta por Bellcore (ahora Telecordia) en 1985, y puede ser vista como la segunda generación de las redes de transporte digital. SONET fue diseñado para multiplexar señales de PDH y para transmitir las ópticamente entre equipos de diferentes fabricantes.

SONET Comenzó con el estándar de ANSI en 1989, y SDH con CCITT (ahora ITU) con un multiplexor muy simple de 52 Mb/s. Para antes de 1996, el estándar ya era reconocido mundialmente así como los equipos y multiplexores para el transporte de datos mediante fibra óptica que en ese entonces manejaban índices de transmisión de hasta 2,5 Gb/s dominando así el mercado de la transmisión óptica. Actualmente se manejan índices de transmisión de hasta 10 Gb/s con equipos que podrían llegar a trabajar hasta 40 Gb/s [5].

SONET (Synchronous Optical Network), fue propuesto originalmente por Bellcore (Bell Communications Research) para una familia de interfaces para el uso en el funcionamiento de redes ópticas telefónicas (OTC, Operating Telephone Company) [5]. La red telefónica es probablemente la más vieja red orientada a conexión. Un interruptor (switch) telefónico, conocido como oficina central, sirve a muchos millares de suscriptores. Cada suscriptor está conectado directamente con la central por una línea dedicada del cable UTP (par trenzado), conocida como lazo local. Las centrales son interconectadas mediante enlaces TDM (Time Division Multiplexing), tales como enlaces SONET/SDH o PDH, (T1, E1, T3, y E3) [2].

La fibra óptica mono-modo se convertía en la mejor opción como medio para el transporte digital de alta velocidad, la carencia de los estándares de la señal para las redes ópticas condujo inevitablemente a la proliferación de interfaces propietarios. Así, los sistemas de transmisión de fibra óptica de un fabricante no podían interconectarse con los de cualquier otro fabricante. SONET define los estándares para las señales ópticas, una estructura síncrona de la trama para la multiplexación de tráfico digital, y procedimientos de operaciones.

La estandarización de SONET comenzó en 1985 dentro del subcomité T1X1 del ANSI-acreditado. Comité para estandarizar interfaces ópticas carrier-to-carrier. Claramente, tal estándar también tendría un gran impacto en redes intracarrier, y por esa razón ha sido un tema de gran interés para muchos portadores, fabricantes, y otros [5].

La red de transporte digital de la tercera generación es el estándar G.709 de ITU-T, conocido como la envoltura digital. Éste es un nuevo estándar que se aprovecha de la tecnología de la multiplexación de división de longitud de onda (WDM *wavelength division multiplexing*). Puede llevar paquetes IP, celdas ATM, tramas Ethernet, y tráfico síncrono SONET/SDH.

El crecimiento masivo de tráfico de Internet ha creado una oleada de requerimiento de ancho de banda en las redes actuales. La multiplexación de división de longitud de onda (WDM) es una tecnología que permite aliviar el uso del

ancho de banda.

Otras tres tecnologías que revolucionaron el segmento óptico del establecimiento de una red incluyeron los lasers armónicos o armónicos, arreglos de guías de onda, y amplificadores ópticos. Los lasers podrían emitir la luz en diversas longitudes de onda usando una cierta característica física de los medios que facilitaron el cambio en longitudes de onda emitidas. Los arreglos de guías de onda, aunque estuvieron introducidas casi dos décadas después de los lasers, eran importantes para la multiplexación y demultiplexación de longitudes de onda para formar así una señal compuesta. Los amplificadores ópticos eran equivalentes ópticos genuinos de amplificadores electrónicos, con la misma funcionalidad genérica.

WDM (*wavelength division multiplexing*) es la abreviatura para el término de la multiplexación por división de longitud de onda. La comunicación óptica se puede considerar como información que se transmite ópticamente modulando una frecuencia portadora que es emitida por un generador óptico tal como un láser, y detección de la señal al final de una fibra óptica con un fotodiodo. El láser emite la luz que es caracterizada por su frecuencia óptica y por lo tanto su longitud de onda ($C = \lambda f$). Para que la comunicación óptica ocurra, esta frecuencia se debe sujetar a la atenuación mas baja posible.

Tradicionalmente, hay disponibles tres ventanas de poca atenuación para comunicaciones y están situadas alrededor de las bandas de 980 nanómetros, 1310 nanómetros, y 1550 nanómetros. Transmitiendo diversas secuencias de datos en diversas longitudes de onda (frecuencias) y multiplexando estas diversas frecuencias como una señal compuesta, podemos aumentar el índice de datos acumulativo de la fibra. Este esquema de multiplexación comúnmente se llama WDM [3].

3. SONET/SDH

SONET (*synchronous optical network*) fue propuesta por Bellcore (ahora Telecordia) en 1985, y puede ser vista como la segunda generación de las redes de transporte digital. SONET fue diseñado para multiplexar señales de PDH y para transmitir las ópticamente entre equipos de diferentes fabricantes.

La implementación de SONET en Europa, Asia y Latino América es conocida como SDH (*synchronous digital hierarchy*) la cual fue adoptada por la ITU-T como el estándar internacional. SONET/SDH es usado como una capa intermedia 1.5 de TDM (*Time Division Multiplexing*) para el transporte de voz y datos. SONET/SDH también fueron definidos para llevar celdas de ATM y tramas de PPP y de HDLC [1].

La información transmitida por SONET/SDH se organiza en tramas (frames). Estas tramas se transmiten continuamente una después de otra. Cada trama consiste de una colección de encabezados y de una carga útil "payload" o los datos a transmitir. El equipo SONET/SDH construye estas tramas en el dominio eléctrico y después las transmite ópticamente. En el extremo de recepción, el equipo SONET/SDH recibe la señal óptica y la convierte al dominio eléctrico para procesar las tramas. El lado eléctrico de la señal de SONET se conoce como la señal sincrónica de transporte (STS), y el lado eléctrico de SDH se conoce como módulo sincrónico de transporte (STM). El lado óptico de una señal de SONET/SDH se conoce como el portador óptico (*OC optical carrier*) [2].

La trama STS-1 de SONET consiste en 810 bytes y se transmite 8000 veces por segundo (es decir, cada 125µsec). Esto da un índice de transmisión de datos de $8000 \times 810 \times 8$ bits/sec (es decir, 51.84 Mbps). Un solo byte (comúnmente llamado "time slot" o ranura de tiempo) en la trama es transmitido 8000 veces por segundo, así dando un índice de

transmisión de datos de 64 Kbps, como en el caso de un “time slot” ranura de tiempo en la señal DS1. Esto permite que SONET transmita voz PCM sin comprimir. La trama STS-1 se puede representar gráficamente como una matriz de nueve filas y 90 columnas. Cada celda en la matriz corresponde a un byte. A partir del primer byte, la trama se transmite fila por fila. La trama consta de dos secciones, la sección de encabezados y la sección de la carga útil o “payload”. La sección de encabezados, llamada *transport overhead* (TOH), ocupa las primeras tres columnas. La sección de “payload” carga útil ocupa las 87 columnas restantes (es decir columnas 4 a 90), y lleva el SPE (*synchronous payload envelope*).

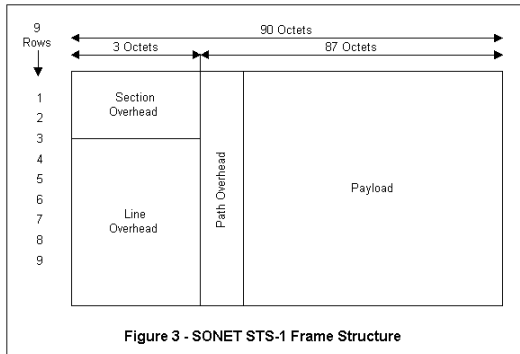


Figure 3 - SONET STS-1 Frame Structure

	1	2	3	4	5	6	...	90
1	1	2	3	4	5	6	...	90
2	91	92	93	94	95	96	...	180
3	181	182	183	184	185	186	...	270
4	271	272	273	274	275	276	...	360
5	361	362	363	364	365	366	...	450
6	451	452	453	454	455	456	...	560
7	561	562	563	564	565	566	...	630
8	631	632	633	634	635	636	...	720
9	721				725	726	...	810

Figure 2.3 - The SONET STS-1 frame structure.

El SPE lleva una carga útil de los datos del usuario y algunos encabezados adicionales, llamados *payload overhead* (POH).

Los encabezados de transporte (TOH *transport overhead*) consisten de encabezados de sección (SOH *section overhead*) y encabezados de línea (LOH *line overhead*). También hay encabezados de trayectoria en el SPE, según lo mencionado anteriormente.

Arquitectura de SONET

SONET se organiza en una pila de cuatro capas, ubicadas dentro de la capa física. La capa más baja es la capa *photonic*, que se ocupa de la transmisión óptica de las tramas STS. La capa siguiente ascendente es la capa de sección, que maneja el transporte de las tramas STS sobre la capa *photonic*. Esta maneja el error de la sección, supervisa, encapsula, y mezcla la señal; también emplea encabezados de sección. La capa de línea maneja el transporte de SPEs sobre una línea. Sus funciones incluyen la multiplexación y la sincronización; también emplea encabezados de línea. Finalmente, la capa de la trayectoria procesa la transmisión end-to-end entre los puntos donde el SPE se origina y termina.

En la figura cada A_i crea SPEs que se entrega a su B_i destino, $i = 1, 2, \dots, 12$. Los encabezados de trayectoria se agregan dentro de cada SPE que permite que el B_i de destino extraiga la información del usuario. Debido a esto, hay una asociación entre estos dos dispositivos en la capa de la trayectoria.

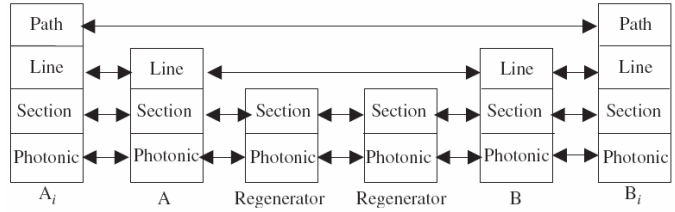
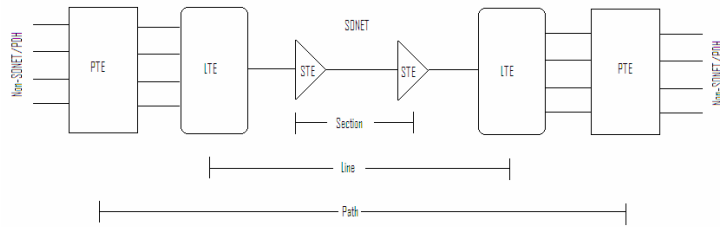


Figure 2.6 The SONET stacks.

3.2 Elementos de SONET

En SONET, el dispositivo capaz de procesar los encabezados de la sección es conocido como *section terminating equipment* (STE). El dispositivo capaz de procesar los encabezados de línea se conoce como *line terminating equipment* (LTE), y el dispositivo capaz de procesar los encabezados de trayectoria se conoce como *path terminating equipment* (PTE).



3.3 Path Layer (Capa de trayectoria)

La capa de trayectoria se ocupa del transporte de servicios entre path-terminating equipment (PTE) NEs. La función principal de la capa de trayectoria es pasar las señales a un formato requerido por la capa de línea. Sus funciones incluyen la lectura, interpretación, y modificación del POH (payload overhead) para el funcionamiento y el APS (automatic protection switching).

PTE (path-terminating equipment) es un NE que multiplexa o demultiplexa los STS.

3.4 Line Layer (capa de línea)

La capa de línea se ocupa del transporte de la carga útil “payload” de la capa de trayectoria y de sus encabezados a través del medio físico. La función principal de la capa de línea es proporcionar la sincronización y realizar la multiplexación para la capa de trayectoria. Sus funciones incluyen la conmutación, la sincronización, la multiplexación, mantenimiento de la línea, y la supervisión del error.

LTE (Line-terminating equipment) es el NE que origina o termina la señal de línea.

3.5 Section Layer (capa de sección)

La capa de sección se ocupa del transporte de una trama STS-N a través del medio físico. Sus funciones principales son entramar “framing”, mezclar, la supervisión del error, y mantenimiento de la sección.

STE (Section-terminating equipment) es el NE que puede actuar como un dispositivo final o un regenerador. Este elemento es capaz de acceder, modificar, originar, o terminar su encabezado.

3.6 Photonic Layer (capa fotónica)

La capa fotónica se ocupa principalmente del transporte de bits a través del medio físico (fibra óptica). Su función principal es la conversión entre las señales STS-N y OC-N. Sus funciones incluyen manejo de la longitud de onda, forma del pulso, y modulación de niveles de energía.

DoS (Data Over SONET/SDH)

La arquitectura de red data over SONET/SDH (DoS) proporciona un mecanismo para el transporte eficiente de los servicios integrados de datos. Los siguientes son algunas de las características del DoS:

Provee la asignación flexible del ancho de banda.

No se requieren modificaciones de los nodos intermedios.

Usando GFP, provee de un esquema de entramado eficiente con encabezados pequeños.

Puede acomodar los paquetes IP, las tramas Ethernet, y los índices de transmisión de datos y de información de control constantes a través del canal de fibra, ESCON, y FICON. Particularmente, proporciona un mecanismo eficaz para transportar GbE, que se ha desplegado recientemente en redes de área amplia (WAN).

Coexistencia de los servicios tradicionales de voz y de los nuevos servicios de datos en las mismas tramas SONET/SDH.

Administración de la red a través de la red existente y calidad-probada de SONET/SDH.

El DoS utiliza tres tecnologías: *generic framing procedure* (GFP), encadenamiento virtual, y esquema del ajuste de la capacidad del enlace (LCAS, *link capacity adjustment scheme*). Estas tecnologías han sido estandarizadas por ITU-T.

4.1 GFP (*generic framing procedure*)

Como hemos visto, SONET/SDH se ha optimizado para portar tráfico de voz. También se ha definido para llevar el tráfico ATM y paquetes IP (PoS). GFP es un esquema de adaptación simple que amplía la capacidad de SONET/SDH a llevar diferentes tipos de tráfico. Específicamente, permite el transporte del tráfico orientado a tramas, como Ethernet e IP sobre PPP. También permite índices de transmisión continuos de datos cifrados en redes SAN (*storage area networks*) transportados por redes, como *fiber channel*, *fiber connection* (FICON), y *enterprise system connect* (ECON). GFP es el resultado de un esfuerzo común de la estandarización de ANSI, comité T1X1.5, y de ITU-T, y la recomendación G.7041 de ITU-T.

GFP consiste en aspectos de cliente-independiente y cliente-dependientes. Los aspectos de la cliente-independiente se aplican a todo el tráfico adaptado GFP. Los aspectos de cliente-independiente también cubren funciones tales como delimitación de trama GFP, sincronización de enlace de datos y mezcla, multiplexación de PDU, y supervisión del funcionamiento del cliente-independiente. Los aspectos de cliente-dependientes de GFP cubren funciones como mapeo de PDUs en la carga útil de GFP; supervisión del funcionamiento cliente-específico; y operaciones, administración, y gerencia (OA&M). Las tramas GFP resultantes se transmiten sobre SONET/SDH, o sobre el nuevo transporte óptico G.709 de ITU-T (conocido como envoltura digital "*digital wrapper*").

Dos tipos de tramas GFP han sido definidas: Las tramas de cliente GFP y tramas de control GFP. Las tramas de cliente GFP pueden ser tramas de datos del cliente o tramas de gerencia del cliente. Las tramas de datos del cliente GFP se utilizan para transportar datos del cliente, y las tramas de gerencia del cliente GFP se utilizan para transportar la información con la gerencia de la señal del cliente o de la conexión GFP.

La estructura de la trama GFP, consiste del *GFP core header* y el *payload area* (area de carga útil). El *GFP core header* consiste en los siguientes campos: Indicador de la longitud de la carga útil (PLI, *Payload length indicator*): Un campo de 2 bytes que indica el tamaño del área de la carga útil en bytes. Los valores entre 0 y 3 son reservados para el uso interno. Control de error “*Core head error control*” (core HEC o CHEC): Un campo de 2 bytes que protege el campo de PLI. Lleva la secuencia del chequeo de tramas “*frame check sequence*” (FCS) obtenida usando el estándar CRC-16, que permite la corrección y detección de errores.

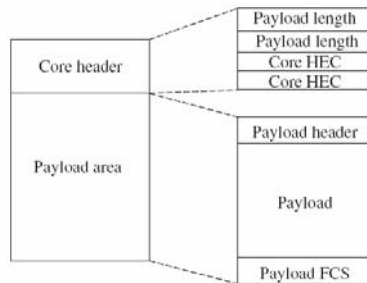


Figure 2.24 The GFP frame structure.

El GFP payload area consiste de el *payload header*, el *payload*, y un payload opcional el *frame check sequence (FCS)*. El *payload header* tiene una longitud variable entre 4 bytes y 64 bytes. Los siguientes campos han sido definidos:

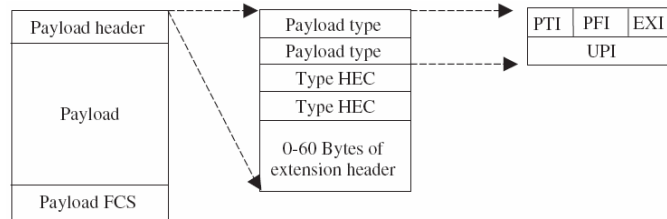


Figure 2.25 The GFP payload structure.

Payload type: Un campo obligatorio de 2 bytes que indica el contenido y el formato del payload. Los subcampos siguientes se han definido dentro del tipo de payload:

Payload type identifier (PTI): Un subcampo de 3 bits que identifica el tipo de trama del cliente (es decir, trama de datos del cliente) y de trama de gerencia del cliente.

Payload FCS indicator (PFI): Un subcampo de 1 bit que indica la presencia o ausencia del payload opcional FCS.

Extension header identifier (EXI): Un subcampo de 4 bits que identifica el tipo de extensión del encabezado.

User payload identifier (UPI): Un campo de 8 bits identifica el tipo de payload. Los valores definidos de la UPI para las tramas de datos del cliente incluyen:

- _ Frame-mapped Ethernet
- _ Frame-mapped PPP (incluyendo IP y MPLS)

- _ Transparent-mapped Fiber Channel
- _ Transparent-mapped FICON
- _ Transparent-mapped ESCON
- _ Transparent-mapped *Gigabit Ethernet (GbE)*

Type head error control (type HEC or tHEC): Un campo de 2 bytes que protege el payload header. Este lleva el FCS obtenido usando el estándar CRC-16. también habilita la detección y corrección de errores.

Extension headers: Un mecanismo flexible para la extensión del encabezado para facilitar la adaptación de GFP a diferentes mecanismos de transporte.

El payload contiene una trama GFP. Esta es un area de longitud variable (desde 0 bytes hasta 65,535 bytes), menos el tamaño del payload header y el tamaño del payload FCS (si esta presente). Finalmente, el FCS consiste de un FCS opcional de 4 bytes generado usando CRC-32.

WDM (*wavelength division multiplexing*)

WDM (*wavelength division multiplexing*) es la abreviatura para el término de la multiplexación por división de longitud de onda. WDM se refiere a la tecnología de combinar múltiples longitudes de onda sobre una misma fibra óptica. Cada longitud de onda es un canal diferente. Conceptualmente, WDM es igual a FDM (*frequency division multiplexing*), utilizado en microondas y sistemas satelitales.

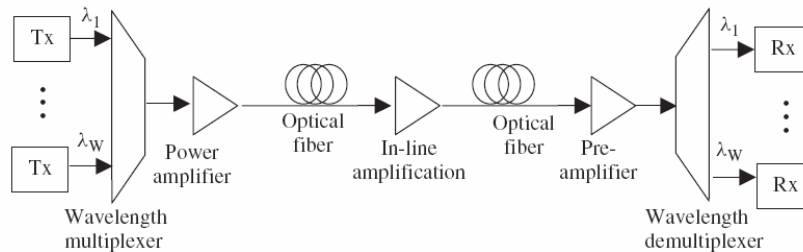


Figure 8.1 A WDM point-to-point link.

En la figura se muestra una conexión punto-a-punto. En el extremo de transmisión, hay W transmisores independientes. Cada transmisor Tx es una fuente de luz, y se modula independientemente con una secuencia de datos. La salida de cada transmisor es una señal óptica con una única longitud de onda λ_i , $i = 1, 2, \dots, W$. Las W señales ópticas de los transmisores se combinan (mezclan) en una sola señal óptica con la longitud de onda del multiplexor y se transmiten sobre una sola fibra óptica. En el otro extremo, la señal óptica combinada (mezclada) es demultiplexada en las W señales individuales, y cada una se dirige al receptor de destino apropiado (Rx), donde finaliza y se convierte al dominio eléctrico. La amplificación se utiliza inmediatamente después del multiplexor y antes del demultiplexor. También, si la fibra es muy larga, la señal se vuelve a amplificar usando los amplificadores de línea.

Una red óptica WDM más compleja puede ser construida usando OXCs (*optical cross-connects*). Un OXC es un switch óptico de $N \times N$, con N fibras de entrada y N fibras de salida. El OXC puede conmutar ópticamente todas las longitudes de onda entrantes de las fibras de entrada a las longitudes de onda salientes de las fibras de salida, asumiendo que no hay ningún conflicto externo en las fibras de salida.

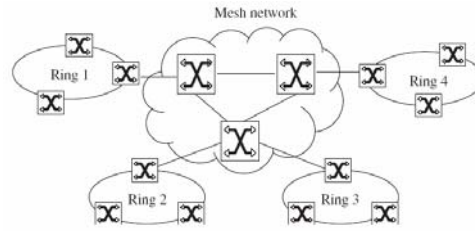


Figure 8.2 An example of an optical network.

Un OXC también puede ser usado como OADM (*optical add/drop multiplexer*). Es decir, puede terminar la señal óptica de un número de longitudes de onda entrantes e insertar nuevas señales ópticas en las mismas longitudes de onda en un puerto de salida.

Un OXC puede conmutar longitudes de onda de forma estática o dinámica. En el caso estático, el OXC se configura para conmutar permanentemente las longitudes de onda entrantes a la longitud de onda saliente. En el caso dinámico, el OXC conmutará una longitud de onda entrante particular a una longitud de onda saliente en demanda.

DWDM (dense-WDM)

En la literatura, el término DWDM (dense-WDM) es usado frecuente. Este término no implica una tecnología diferente a la usada por WDM. De hecho, los dos términos se utilizan alternativamente. En sentido estricto, DWDM se refiere al espaciamiento de la longitud de onda propuesto en el estándar de ITU-T G.692. Originalmente, las longitudes de onda fueron separadas por bandas del ancho de varios diez o centenares de nanómetros. Estas bandas llegaron a ser muy estrechas en cuanto la tecnología fue mejorando.

Table 8.2 ITU-T DWDM grid.

Channel code	λ (nm)	Channel code	λ (nm)	Channel code	λ (nm)	Channel code	λ (nm)
18	1563.05	30	1553.33	42	1543.73	54	1534.25
19	1562.23	31	1552.53	43	1542.94	55	1533.47
20	1561.42	32	1551.72	44	1542.14	56	1532.68
21	1560.61	33	1550.12	45	1541.35	57	1531.90
22	1559.80	34	1550.12	46	1540.56	58	1531.12
23	1558.98	35	1549.32	47	1539.77	59	1530.33
24	1558.17	36	1548.52	48	1538.98	60	1529.55
25	1557.36	37	1547.72	49	1538.19	61	1528.77
26	1556.56	38	1546.92	50	1537.40	62	1527.99
27	1555.75	39	1546.12	51	1536.61	-	-
28	1554.94	40	1545.32	52	1535.82	-	-
29	1554.13	41	1544.53	53	1535.04	-	-

ITU-T propuso un sistema de longitudes de onda espaciadas en la ventana de 1550 nanómetros. La razón para escoger la ventana de 1550 nanómetros fue por tener la atenuación mas baja. ITU-T propuso mantener 0.8 nanómetros o 100 gigahertz entre longitudes de onda y centrar la grilla en 1552.52 nanómetro o 193.1 THz como se muestra en la tabla, aunque no siempre es utilizada ya que existen muchas soluciones propietarias.

ITU-T G.709 OTN

La red de transporte digital de la tercera generación es el estándar G.709 de ITU-T (OTN optical transport network), a veces conocido como Digital Wrapper (DW). Éste es un nuevo estándar que se aprovecha de la tecnología de la multiplexación por división de longitud de onda (WDM *wavelength division multiplexing*). Puede llevar paquetes IP, celdas ATM, tramas Ethernet, y tráfico síncrono SONET/SDH.

La meta de la OTN (Optical Transport Network) es combinar los beneficios de la tecnología SONET/SDH con el aumento del ancho de banda del DWDM. En pocas palabras, OTN aplicará la funcionalidad de la Operación, Administración, Mantenimiento y Aprovisionamiento (OAM&P) de SONET/SDH a las redes ópticas DWDM.

La información sobre un lightpath se transmite típicamente usando SONET/SDH. También, Las tramas Ethernet se pueden transmitir sobre una red óptica. En el futuro, se espera que la información sea transmitida sobre la red óptica usando el nuevo estándar de ITU-T G.709. Este estándar define los interfaces del nodo de red entre dos operadores de red ópticos, o entre las subredes de vendedores dentro de la misma red de un operador.

OTN presenta muchas ventajas a los operadores de la red incluyendo:

- Transparencia de protocolos.
- Compatibilidad hacia atrás de los protocolos existentes.
- Empleo de codificación FEC.
- Reducción de regeneración 3R (a través de diseños flexibles ópticos de la red).

Tipos de tráfico: El estándar permite la transmisión de diversos tipos de tráfico, tales como paquetes IP y tramas Gigabit Ethernet usando el procedimiento GFP (*generic framing procedure*), celdas ATM, y datos síncronos de SONET/SDH.

Diferentes velocidades de transmisión: G.709 provee tres diferentes velocidades de transmisión: 2.488 Gbps, 9.95 Gbps, y 39.81 Gbps, apropiadas para las redes de terabit, puesto que evita un gran número de trayectorias con bajas velocidades de transmisión que tendrían que ser utilizadas con SONET/SDH.

Supervisión de conexiones: G.709 también provee la supervisión de las capacidades de una conexión que van más allá de las de SONET/SDH. Específicamente, a diferencia de SONET/SDH, es posible supervisar una conexión end-to-end básica sobre varios portadores, así como sobre un único portador.

Forward error correction (FEC): Como los índices de transmisión aumentan a más de 10 Gbps, los parámetros físicos de la fibra óptica juegan un papel significativo en la degradación de la señal óptica transmitida. FEC se puede utilizar para detectar y corregir los errores de bit causados por debilitaciones físicas en los enlaces de transmisión. FEC permite índices de transmisión más altos sin degradar el funcionamiento. Es útil para los cables subacuáticos transoceanicos y enlaces intra-continetales.

Los niveles básicos de la OTN son visibles en la estructura del transporte OTN y consta de Canales Ópticos (OCh), Optical Multiplex Section (OMS) y Optical transmisión Section (OTS) como se ve en la figura. El transporte de una señal cliente en la OTN sigue el procedimiento indicado a continuación:

- Se añade la cabecera a la señal cliente para formar la OPU (Optical Channel Payload Unit)
- Entonces se añade una cabecera a la OPU formando así la ODU (Optical Channel Data Unit)
- Se añade una cabecera adicional más el FEC para formar la OTU (Optical Channel Transport Unit)
- Añadiendo más cabeceras se crea un OCh que es transportado por un color
- Se puede añadir cabeceras adicionales al OCh para poder gestionar múltiples colores en la OTN. Entonces se construyen el OMS y el OTS

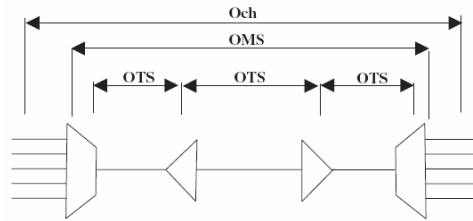


Figure 9.8 The OTN layer structure.

La trama de ITU-T G.709 tiene tres partes distintas, dos que son ampliamente similares a una trama SONET/SDH: el área de encabezados para la operación, administración y mantenimiento, el área de la carga útil para los datos del cliente, además, la trama G.709 también incluye un bloque del control de error (FEC).

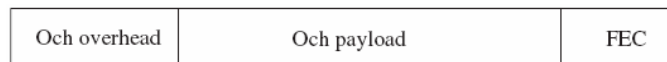


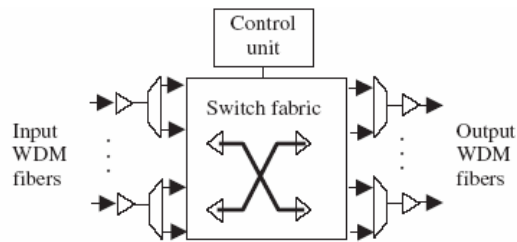
Figure 9.9 The optical channel (Och) frame.

En ITU-T, una red óptica se refiere como la red óptica del transporte (OTN). Consiste en tres capas: el *optical channel (Och)*, el *optical multiplex section (OMS)*, y el *optical transmission section (OTS)*. El canal óptico es una conexión óptica entre dos usuarios, y toma un lightpath entero. Los canales ópticos se multiplexan y se transmiten como una sola señal sobre una fibra. La sección entre un multiplexor y un demultiplexor sobre la cual la señal multiplexada es transportada se conoce como *optical multiplex section*. Finalmente, el transporte entre dos puntos de acceso sobre el cual la señal multiplexada es transmitida se conoce como la sección óptica de la transmisión” *optical transmission section*”. Cada uno de las capas de OTN se asocia a la estructura de la trama y a encabezados apropiados.

OBS (Optical Burst Switching)

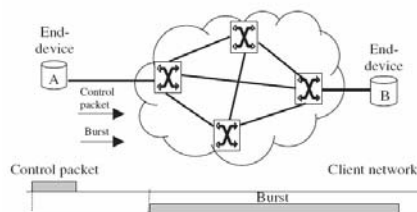
OBS fue diseñado para soportar eficientemente la transmisión del tráfico Explosivo “bursty” sobre una red óptica. OBS fue basado en la transferencia de bloques de ATM (ABT), un estándar de ITU-T para la “Burst switching” conmutación de la explosión en redes ATM. OBS todavía se desarrolla y no se ha estandarizado hasta ahora [2].

Una red de OBS consiste en nodos de OBS interconectados con la fibra de WDM en una topología de malla. Un nodo de OBS es un OXC. Este consiste de amplificadores, multiplexores/demultiplexores, switch, y una unidad de control electrónica. El nodo OBS puede conmutar una señal óptica de longitud de onda λ_i de una fibra de entrada a la misma longitud de onda de una fibra de salida. Si se equipa con convertidores, puede cambiar la señal óptica de longitud de onda entrante λ_i a otra longitud de onda libre de la misma fibra de salida, si la longitud de onda λ_i de la fibra de salida esta en uso. (Asumir que se aplica una conversión completa, y que cada convertidor puede convertir una señal óptica a cualquier otra longitud de onda). A diferencia de las redes de enrutamiento de longitud de onda, donde una conexión puede seguir activa durante mucho tiempo, el switch de un nodo OBS exige un tiempo extremadamente corto de configuración.



La red de OBS es accesada por dispositivos finales OBS, que pueden ser routers IP, switches ATM, o switches Frame Relay, equipados de un interfaz OBS. (Los dispositivos que producen señales análogas, tales como radares, pueden también ser parte de la red OBS.) Cada dispositivo final OBS está conectado con un nodo OBS de ingreso.

Un dispositivo final OBS recoge tráfico de varias redes eléctricas, como ATM, IP y Frame Relay, la transmite ópticamente a los dispositivos finales OBS de destino a través la red OBS. Los datos recogidos se clasifican en base a una dirección del dispositivo final de destino OBS montado en unidades de tamaño más grandes, llamadas Burst. Para transmitir un burst, el dispositivo final primero transmite un paquete de control, y después un retardo, conocido como offset, y después transmite el burst. El paquete de control contiene información como la longitud del burst y la dirección de destino del burst. Es básicamente una petición de conexión fija (es decir, un lightpath, end-to-end). Después de que la transmisión este completa, la conexión se finaliza.



Como en redes de enrutamiento de longitud de onda, dos nodos OBS adyacentes pueden hacer el enlace por una o más fibras ópticas, cada una portando W longitudes de onda. Por lo tanto, hasta W bursts por fibra pueden ser transmitidos simultáneamente. Un dispositivo final puede también tener la capacidad de transmitir simultáneamente W bursts a su nodo OBS de entrada, o puede ser que tenga solamente una longitud de onda disponible para transmitir un burst a la vez.

Los paquetes de control se pueden transmitir ópticamente (en una longitud de onda designada) o eléctricamente (sobre una red de conmutación de paquetes, como una red IP o ATM). En cualquier caso, el paquete de control solo puede ser procesado electrónicamente por cada nodo OBS. Esto significa que si se transmite en el dominio óptico, tendrá que ser convertida de nuevo al dominio eléctrico. Como se puede ver, existe una separación de control y de datos, en tiempo y espacio físico. Ésta es una de las características principales de OBS. Esto facilita un eficiente control electrónico y permite una gran flexibilidad del formato y del índice de transmisión de los datos del usuario puesto que los bursts se transmiten enteramente como señales ópticas que siguen siendo transparentes a través de la red.

OBS no se ha estandarizado hasta ahora, pero se puede considerar como una solución viable al problema de transmitir tráfico bursty sobre una red óptica [2].

OQoS (OPTICAL QoS)

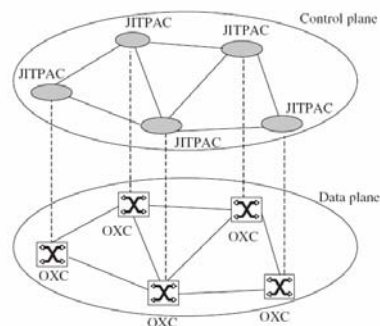
MCNC, una organización de investigación no lucrativa de la universidad de Carolina del Norte, realizó el proyecto llamado Jumpstart, financiado por ARDA (Advanced Research and Development Activity). Entre los objetivos del proyecto Jumpstart estaban, definir una arquitectura de señalización para una red OBS, y crear un prototipo de red

usando la capa óptica de ADTnet en el area de Washington, D.C.

La arquitectura de Jumpstart esta basada en la disposición inmediata o liberación explícita y métodos de disposición de conexión confirmada. Se asume un solo canal de señalización de alta capacidad para cada fibra WDM. El canal de señalización puede ser una de las W longitudes de onda de la fibra, o puede ser implementado en el dominio eléctrico usando una red de conmutación de paquetes. El prototipo de red de Jumpstart, fue implementado usando una red ATM. Los mensajes de señalización asociados al establecimiento y liberación de conexiones para la transmisión de bursts fueron procesados en hardware para asegurar el establecimiento rápido de la conexión. Otros mensajes de control fueron procesados en software. Los bursts fueron transmitidos a través de nodos OBS intermedios sin ninguna conversión electro-óptica. Debido a esto, las señales ópticas digitales de diferentes formatos y modulaciones, como señales análogas pueden ser transmitidas. Finalmente no se requiere ningún esquema global de sincronización entre los nodos OBS, además las conexiones unicast y multicast también son soportadas por la arquitectura de señalización de Jumpstart.

En la arquitectura de Jumpstart OBS hay una separación clara entre el plano de control y el plano de datos. El plano de datos es todo óptico y es responsable del transporte de bursts. El plano de control es una red de conmutación de paquetes electrónica y es responsable de la señalización, enrutamiento y administración de la red.

En el prototipo de red de Jumpstart, un nodo OBS consta de un OXC y una unidad de control (que se conoce como el regulador de JITPAC [JITPAC]). Los reguladores JITPAC se comunican entre si vía una red ATM.



En el proyecto Jumpstart, se asumió que la calidad de transmisión para los enlaces de fibra óptica en una red OBS no es igual para todas las fibras. Es decir, diversas fibras pueden tener diferentes dificultades lineales y no lineales. Para mejorar la calidad de las señales transmitidas, circuitos de servicio pueden ser estratégicamente situados en algunos de los nodos OBS. Estos circuitos de servicio pueden proporcionar la compensación de ganancia, la compensación cromática, y polarización en modo de dispersión. El QoS requerido para la señal transmitida, llamado QoS óptico (OQoS), se indica en el mensaje de DISPONIBILIDAD (SETUP). La determinación de una trayectoria implica la selección de un sistema de enlaces físicos entre los nodos OBS de entrada y los nodos OBS de salida que proporcionan el OQoS solicitado, y la asignación de una longitud de onda, o un conjunto de longitudes de onda si asumimos que los nodos OBS son capaces de la conversión de longitudes de onda.

Jumpstart emplea una arquitectura centralizada para la computación de trayectorias para los bursts de datos dentro de un dominio de red. El componente de forwarding de la arquitectura utiliza una tabla de bursts almacenados localizada en cada nodo OBS. Esta tabla contiene información no sólo sobre el interfaz de salida para un burst, sino también sobre la longitud de onda de salida, la degradación de OQoS esperada en esta interfaz, el offset para el burst (necesario en el nodo de entrada), así como otra información necesaria para remitir un burst. La disponibilidad de esta información

asegura que cada regulador JITPAC pueda tomar una decisión de forwarding localmente usando la información proporcionada en el mensaje de DISPONIBILIDAD (SETUP).

El cómputo de la trayectoria es responsabilidad del RDN (*routing data node*), un servidor unido a uno de los nodos OBS. Este es responsable de recoger la información de enrutamiento con respecto al plano de datos, computar las tablas de bursts para cada regulador JITPAC, y de descargar las tablas a los controladores JITPAC.

Cada controlador JITPAC supervisa el estado de sus interfaces ópticos salientes de datos, y resume esta información en un LSA óptico (OLSA). La información del enlace en un OLSA consiste en todas las cualidades del enlace que sean necesarias para computar trayectorias que proporcionan garantías de QoS para la señal óptica que lleva los bursts de datos, incluyendo el estado de la interfaz, la disponibilidad de recursos ópticos tales como longitudes de onda y convertidores, y las dificultades de la capa óptica que son relevantes a el enrutamiento. Cada controlador JITPAC transmite su OLSA al RDN vía una conexión confiable sobre el plano de control.

Una vez que el RDN haya recogido el OLSA de cada regulador JITPAC en el dominio, utiliza un algoritmo para computar las trayectorias de datos entre pares de OXCs en su dominio. Posteriormente, la tabla de bursts para cada regulador JITPAC se construye y es descargada al regulador vía una conexión confiable sobre el plano de control. Junto con una ruta y una longitud de onda, el RDN también proporciona una estimación del offset que se utilizará para una transmisión de un burst. Un nodo OBS de entrada devuelve el valor del offset almacenado en su tabla local en el SETUP ACK a un dispositivo final en respuesta a un mensaje de DISPONIBILIDAD (SETUP).

En las arquitecturas de enrutamiento de los planos de control y de datos, el forwarding de un burst o de un mensaje de control puede ser hecho usando la información del proximo salto (como en la red IP) o las etiquetas (labels, como en el esquema de MPLS).

FUTURO DE SONET/SDH Y DWDM

La red de próxima generación ofrece un paso importante en combinar nuevos equipos de acceso y de transporte de multi-servicios en redes tradicionales SONET/SDH. Estos equipos son la base de metro redes con una agregación de equipos que representan una mejora significativa en funcionalidad, tamaño, y capacidad comparada a SONET/SDH tradicional. El nuevo equipo se está diseñando conservando la funcionalidad de SONET/SDH tradicional, pero en un tamaño de paquete cinco a diez veces más pequeño. Estos sistemas también se diseñan para aplicaciones de multi-longitud de onda. Su estructura de SONET/SDH pudo también ser “data aware” o informado de datos habilitando tamaños de paquetes variables y por lo tanto hacer un uso más eficiente del ancho de banda disponible. El espacio de metro fue identificado como una de las mejores oportunidades para los vendedores de equipos de prueba de SONET/SDH durante los próximos años. Esto fue destacado en varios estudios incluyendo World Telecommunications and Data Communications Test Equipment Markets Study (A303-30) y World Communications Test Equipment Markets: Opportunity Analysis (A326-30).

Los sistemas de DWDM permiten que los portadores amplíen la capacidad actual de la red 80 veces o más. Multiplican la capacidad de la red partiendo la luz en longitudes de onda individuales, cada una contiene una señal independiente, y transmiten todas las longitudes de onda simultáneamente a través de una sola fibra. Desplegando esta tecnología, los portadores pueden aumentar su capacidad de red y resolver el incremento de demanda de ancho de banda sin la instalación de más fibra. Por otra parte, los portadores pueden ampliar su capacidad de red sobre una base agregando canales solamente cuando son necesarios.

CWDM es un tipo de WDM en el cual lasers sin enfriar “un-cooled lasers”, se utilizan para sobreponer los canales ópticos en una pipa. El uso de lasers sin enfriar reduce costos, comparado con DWDM, que utiliza los lasers refrescados “cooled lasers”. CWDM es más adecuado para aplicaciones con requerimientos más bajos de capacidad de datos y para

los palmos de fibra menores a 31 millas. Estos sistemas son pensados para reducir costos y proporcionar ventajas mas económicas mientras ofrecen la misma seguridad, confiabilidad, y calidad que los sistemas de DWDM.

CONCLUSIONES

El mundo de las redes de telecomunicaciones está cambiando, y rápidamente. Cuando tuvimos kilobits, exigimos megabits. Cuando tenemos megabits, deseamos gigabites. Ahora que tenemos gigabits, pronto utilizaremos terabits. Todo esto hace que nazcan nuevas y mejores tecnologías de altas velocidades de transporte de tráfico (datos, voz, video, etc.), ofreciendo una excelente calidad de servicio tanto a clientes como a portadores y proveedores, cada una de estas nuevas tecnologías con sus avances en equipos y diseño de redes ópticas.

SONET/SDH es una tecnología de alta velocidad de transporte de la capa física de TDM, optima para transporte de voz. PoS proporciona los medios para usar la velocidad y las excelentes capacidades de administración de SONET/SDH para optimizar el transporte de datos. Una trama SONET/SDH es de 810 bytes y se representa normalmente como una grilla de dos dimensiones de byte-por-celda de 9 filas y 90 columnas. La trama SONET/SDH se divide en bytes de encabezados y de carga útil de transporte. Los bytes de encabezado consisten en bytes de encabezados de sección y de línea, mientras que los bytes de la carga útil se componen de la capacidad de la carga útil y de más bytes de encabezados, llamados encabezados de trayectoria "path overhead". Los bytes de encabezados son responsables de las capacidades de gerencia de SONET/SDH [4].

El equipo del establecimiento de una red de DWDM proporcionará un nuevo sistema de elementos de la red, incluyendo los terminales de DWDM, multiplexores DWDM y switches cross-connect en canales ópticos OADM. Los equipo DWDM tendrán dos roles: transporte económico de los canales de alto ancho de banda SONET, los cuales están a las salidas de equipos SONET, y portan la nueva clase del conjunto de equipos de establecimiento de una red de datos que formará la base de la mayor parte del crecimiento de tráfico en el futuro. SONET continuará siendo la opción de estándar de interfaz; sin índices de transmisión ni formatos estándares de transporte, la interoperabilidad será imposible. El equipo de DWDM será construido basado en los estándares de SONET, implementando mecanismos para la identificación y supervisión del canal para hacer redes DWDM manejables. La regeneración de señales será integrada en los terminales de DWDM para asegurar escalabilidad, y permitir así el desarrollo de redes metropolitanas complejas y de escala nacional. Mecanismos de protección serán introducidos, permitiendo servicios de datos que necesitan tener un alto grado de supervivencia desde la capa DWDM sin agregar anillos SONET. Al mismo tiempo, la capa DWDM continuará soportando anillos SONET. Los equipos DWDM también soportaran los protocolos de gerencia TMN requeridos en el tipo redes del ISP, como SNMP para la administración de empresas y redes más pequeñas de ISP.

OBS no se ha estandarizado hasta ahora, pero se proyecta como una solución viable al problema de transmitir tráfico bursty (explosivo) sobre una red óptica. En una red de OBS, los datos del usuario se recogen en el borde de la red (frontera), y es clasificado por la dirección de destino, y transmitido a través de la red en bursts de tamaño variable. Antes de transmitir un burst, un paquete del control es enviado por la red para instalar una conexión óptica de bajo buffer. Después de un retardo, el burst de datos se transmite ópticamente sin saber si la conexión se estableció con éxito hasta el nodo de destino. La conexión se instala únicamente para transmitir un solo burst, y se libera después de que se haya transmitido todo el burts. Es decir, para cada burst que tenga que ser transmitido a través de la red, una nueva conexión tiene que ser instalada [2].

Esta visto que en general, las soluciones que se plantean para el transporte de datos sobre todas la nuevas infraestructuras vienen derivadas de arquitecturas de protocolos sustentadas normalmente por SONET o SDH.

REFERENCIAS

- [1] Vivek Alwayn; Optical Network Design and implementation; Cisco Press 2004.
- [2] Harry G Perros; Connection-Oriented Networks.SONET/SDH, ATM, MPLS and-Optical Networks; WILEY 2005.
- [3] Ashwin Gumaste, Tony Antony; DWDM Network Designs and Engineering Solutions; Cisco Press 2002.
- [4] Packet Over SONET/SDH; Cisco Systems 2004.
- [5] Ralph Ballart, Yau-Chau Ching; Sonet: Now It's The Standard Optical Network; IEEE Communications Magazine 2002.
- [6] Cisco Multiservice over SONET/SDH Product Migration and Strategy; Cisco Systems 2002.
- [7] The Interface between IP and WDM and Its Effect on the Cost of Survivability; IEEE Communication Magazine 2003.

Auditoría de Conocimiento en una Pyme Colombiana - Un caso de estudio

Yady Isabelle González Quintero

Universidad Católica de Colombia, Facultad de
Ingeniería de Sistemas,
Bogotá, Colombia
ygonzalez@ucatolica.edu.co

Víctor Hugo Medina García

Universidad Distrital “Francisco José de
Caldas”, Facultad de Ingeniería,
Bogotá, Colombia
vmedina@udistrital.edu.co

ABSTRACT

Performing a Knowledge Audit (KA) is a critical practice which depends in big part the success of the activities associated to a knowledge management program. The main goal of the KA is identifying the knowledge in the inner of the organizations, which involves pathways related with the knowledge inspecting and categorizing by means of the establishment of answers to questions such us: what knowledge based - resources / capabilities means and have, and what would be its utility, shape and accessibility. In the other hand, strategic potential assessment of this type of resources allows identifying: opportunities in order to exploit them, and the real barriers that prevent that exploitation, so that way achieving a suitable monitoring supervising and estimation of the impact of their exploitation. In the same way, this assessment allows understanding the effects of their exploitation and the added value that these resources create in the diverse stakeholders of the enterprise. This paper presents the results related with the identification of Knowledge in a Colombian Small and Medium Enterprise (SME), the rest of the activities are in development stage. First of all there is a description about AC, following the steps what carry on an AC methodology and finally the preliminary results what the application of this released.

Keywords: Knowledge Audit, Knowledge Management, SME, Knowledge Mapping.

RESUMEN

La ejecución de la Auditoría del Conocimiento (AC) es una práctica crítica de la cual depende en gran parte el éxito de las operaciones posteriores asociadas a un programa o iniciativa de Gestión de Conocimiento. La AC tiene como fin la identificación del conocimiento en el interior de las organizaciones, lo cual involucra procesos relacionados con la inspección y categorización del conocimiento, mediante el establecimiento de respuestas a interrogantes tales como: ¿qué es un recurso / capacidad basado en conocimiento?, ¿que contiene?, ¿cuál es su utilidad, su forma y su accesibilidad?. Por otro lado, una evaluación del potencial estratégico de este tipo de recursos permite identificar las oportunidades de su explotación y los obstáculos reales que la impiden para así lograr una adecuada vigilancia y estimación del impacto de su explotación; Así mismo esta evaluación permite comprender los efectos del uso de estos recursos y el valor añadido que estos generan frente a los distintos *stakeholders* de la empresa. Este artículo presenta los resultados de la identificación del conocimiento en una pyme colombiana, las demás actividades se encuentran en fase de ejecución. En primer lugar se presenta una descripción sobre AC, en seguida se enumeran las fases que componen una metodología de AC y por último se describen los principales hallazgos que arrojó su aplicación.

Palabras claves: Auditoría de Conocimiento, gestión de conocimiento, pymes, mapa de conocimiento.

1. CONSIDERACIONES INICIALES: GESTION DEL CONOCIMIENTO Y EL ROL DE LA AUDITORIA DEL CONOCIMIENTO

Ciertos cambios importantes en la economía mundial: la reducción del coste de los flujos de información, la liberalización de los mercados de productos y de trabajo en muchos países, la desregulación de los flujos financieros a nivel internacional, el auge de las tecnologías de la información y comunicación, etc, están modificando de forma radical las fuentes tradicionales de diferenciación competitiva y han hecho aparecer un nuevo fundamental *core* como base de la creación de riqueza [6]. Este *core* está asociado íntimamente al desarrollo y la utilización creciente por parte de las empresas de recursos intangibles (conocimientos científicos y tecnológicos, rutinas organizativas, capital intelectual, relaciones con clientes, proveedores, comunidad en general, entre otros) que son piezas clave de su estrategia.

Y es precisamente la Gestión del Conocimiento (Knowledge Management – KM) la que pone de manifiesto la importancia de dicho *core* en el marco de la sociedad del conocimiento. El estudio de la Gestión del Conocimiento pretende desenredar las complejidades del conocimiento - su creación, acumulación, utilización y transferencia - y para maximizar el crecimiento y la eficacia de la organización. En este marco, el gestor del conocimiento debe ser capaz de comprender la importancia, la aplicación y el impacto de saber cómo identificar, adquirir, almacenar, compartir y utilizar el conocimiento, tanto tácito como explícito, con el fin de incrementar la productividad organizacional y la competitividad de las empresas en sus procesos de negocio.

La Gestión del Conocimiento es un campo relativamente nuevo, amplio y con una importante proyección en todos los sectores de actividad empresarial. Este nuevo paradigma del Management provee un lenguaje, enfoques, metodologías y herramientas para ayudar a las organizaciones a comprender las implicaciones de identificar y explotar los recursos y capacidades, que basados en conocimiento, se constituyen en el eje sobre el que gira la ventaja competitiva de las empresas, en un mundo de fuerte competencia donde sobreviven sólo los mejores, aquellos capaces de identificar los recursos valiosos y explotarlos. Ya lo dice el adagio popular: “si del cielo le caen limones aprende a hacer limonada”. Extrapolando esta frase al contexto de la organización quedaría: Primero identifica qué “te cae del cielo” (cuáles son los recursos y capacidades que posee) y luego haz limonada (basa tu estrategia en ellos, sobre todo en aquellos que se basan en conocimiento tácito) [2].

Ya lo afirmaba el primer Ministro Británico Tony Blair al referirse a la competitividad: nuestro éxito depende de cómo estamos explotando nuestros activos más valiosos: nuestro conocimiento, habilidades, y creatividad. Éstas son las claves para diseñar bienes y servicios de alto valor y prácticas de negocio avanzadas. Estos activos están en el corazón de una economía moderna conducida por el conocimiento.

Para aproximarse a este tipo de éxito es necesario que las organizaciones desarrollen la capacidad de identificar, adquirir, almacenar, crear y compartir el conocimiento, para aumentar el valor y la eficacia de una organización. El primer elemento a tener en cuenta para emprender actividades de esta naturaleza, es la determinación y disposición de algunas condiciones organizativas necesarias, como son entre otras [2]:

- Una cultura organizacional que promueve el aprendizaje a todo nivel, aun aquel basado en el error; la clara comprensión que el poder lo tiene aquella persona o equipo capaz de movilizar el conocimiento para su uso y apropiación (explotación) por parte de la organización como un todo.
- Aprender a determinar cuáles son los recursos y capacidades que basados en conocimiento, sobre todo aquellos de naturaleza tácita, me permitirán competir con ventaja ya que son difíciles de imitar, transferir y sustituir.
- Establecer cuál es la estrategia para utilizarlos en pro de la consecución de los objetivos y cuál es el sistema de incentivos que ayudan a movilizarlos, siempre pensando y actuando en pro de la generación de valor de cara a los distintos *stakeholders*.

La Gestión del Conocimiento destaca la importancia de la cultura y el aprendizaje, haciendo énfasis en la persona (el trabajador), y no exclusivamente en los artefactos. Justamente son las personas los sujetos capaces de transformar su realidad y la de su empresa, basándose en sus capacidades para hacer, aprender y cambiar, así como para identificar, categorizar, optimizar, compartir y reutilizar el conocimiento fruto de su experiencia, la de otros, y con otros.

Así pues, la Auditoría de conocimiento (AC) proporciona una visión de conjunto sobre cómo en la práctica la organización crea, transfiere, comparte y explota el conocimiento. La AC es más útil en organizaciones que son conscientes de la necesidad que tienen de aprovechar el conocimiento que poseen y el conocimiento que está afuera (sobre el cliente, proveedor, competencia, etc) para poder competir, pero que desean centrarse en explorar necesidades más específicas y establecer un plan de la acción. La información que resulta de la AC proporciona un marco básico para entender el potencial del conocimiento dentro de la organización, derivándose una mayor comprensión de la organización en cinco áreas dominantes: 1. Niveles actuales de uso del conocimiento y la comunicación de éste. 2. La visión que desde la gerencia se tiene sobre la gestión del conocimiento. 3. Identificación y clarificación de las oportunidades que trae consigo implementar un proyecto de gestión de conocimiento. 4. El valor percibido del conocimiento dentro de la organización. 5. La interdependencia entre la auditoría de la información y la AC [1].

2. METODOLOGIA DE AUDITORIA DE CONOCIMIENTO APLICADA EN UNA EMPRESA COLOMBIANA DE SERVICIOS DE CONSULTORIA (ESC)

Contexto general de las Pymes en Colombia

Las Pymes dinamizan el 80% de la economía colombiana. La ley 560 de 2000 definió como Pyme a toda unidad de explotación económica, realizada por persona natural o jurídica, en actividades empresariales, agropecuarias, industriales, comerciales o de servicios, rural o urbana, que cumpla los parámetros fijados por esta ley. Además, existen tres grupos en los que se pueden clasificar las Pymes colombianas: las de subsistencia, que no tienen un gran capital, no generan excedentes, pero sostienen a una familia. Las de acumulación simple, tienen activos fijos, pero su capital no crece. Las de acumulación ampliada, invierten sus utilidades en la misma empresa, van creciendo en activos y ventas, hay división en el trabajo y su administración se hace con visión del mercado. Las pequeñas y medianas empresas ocupan el 26% de los trabajadores asalariados del país; el 93% de los trabajadores independientes; entre la pequeña y mediana empresa genera más del 51% del empleo nacional. El sector de las micro, pequeñas y medianas empresas, genera cerca del 50% del PIB total del país y 63% del empleo urbano [7].

Las Pymes Colombianas frente a las nuevas tendencias

Cada vez que los gerentes de Pymes se encuentran con un nuevo término en los periódicos, en la radio, en la televisión, son muchas las preguntas que se formulan: ¿será esto simplemente una nueva moda?, ¿me podrá ayudar a ser más competitiva?, ¿qué es lo que puedo y debo hacer?, ¿cuánto capital tendré que invertir?, ¿será que estamos preparados en mi empresa para asumir cambios? Normalmente los empresarios que lideran las microempresas acuden a reuniones, conferencias, seminarios programados por las instituciones públicas y/o privadas para recibir información asociada con nuevos conceptos en administración, o acuden a consultorios empresariales dispuestos en las universidades para solicitar sensibilización y capacitación sobre nuevos temas de interés y que influyan directamente en la consecución de sus objetivos estratégicos. Los nuevos conceptos, sobre todo el relacionado con la gestión del conocimiento, llaman poderosamente la atención de los gerentes de las Pymes colombianas, aunque no dejan de creer que son quimeras que únicamente pueden tener las grandes empresas [3].

Es posible que esta sensación se origine, en gran medida, porque no se han sistematizado y compartido experiencias de algunas empresas que han asumido el reto de aprender en la acción cómo y bajo qué circunstancias tiene sentido sacar provecho (gestionar) del recurso que no se agota al utilizarlo, todo lo contrario, crece con su uso: El conocimiento. Difícil será que se valoren los efectos beneficiosos de esta gestión si quienes tienen el reto de aprender a beneficiarse de ésta, no se dan la oportunidad de demostrarse con hechos que tales bondades son reales y no sólo teóricas o propias de la promoción comercial.

Así pues, para apoyar a las Pymes en este tipo de emprendimientos es prudente ponernos en su lugar (desde su perspectiva organizacional, económica y social) y utilizar términos y estrategias de sensibilización que les ayuden a aproximarse a metodologías y prácticas asociadas con la gestión del conocimiento, teniendo en cuenta que inicialmente se puede partir desde una visión intuitiva sobre las implicaciones de la gestión de este recurso, y con el tiempo, dicha intuición al ser más consciente se transforme en actuaciones o proyectos concretos de acción que se constituyan en una fuente de aprendizaje organizacional [3].

Características generales de la empresa (ESC)

La empresa en la cual se llevó a cabo la auditoría de conocimiento pertenece al grupo de acumulación ampliada, es decir, aquellas empresas invierten sus utilidades en la misma empresa, van creciendo en activos y ventas, hay división en el trabajo y su administración se hace con visión del mercado.

Esta empresa tiene presencia a nivel nacional, para lo cual cuenta con 8 oficinas de atención al público, distribuidas en 6 Sucursales, cuenta con 35 consultores altamente preparados. Actualmente atiende aproximadamente a 300 clientes y manejan un volumen de ventas por servicios de consultoría que asciende a los \$100 millones de pesos mensuales. Las ciudades donde opera la empresa son: Bogotá, Medellín, Bucaramanga, Manizales, Pereira y Cali.

Una Metodología de Auditoría de Conocimiento

Cheung Chi Fai y otros proponen una metodología (Figura 1) para aplicar una auditoría de conocimiento en una organización. Su propuesta se basa en las siguientes premisas [1]:

1. Varios programas de gestión de conocimiento fracasan porque las organizaciones no comprenden sus necesidades de conocimiento.
2. Aunque la Auditoría de Conocimiento (AC) ha sido identificada como una actividad importante en la gestión de conocimiento, se carece de un enfoque sistemático que oriente su aplicación.
3. La Auditoría de Conocimiento investiga el estado de “salud” de la organización en lo que se refiere al conocimiento. Esta auditoría provee una evidencia de dónde la organización necesita enfocar sus esfuerzos de gestión de conocimiento.

Fases de la Metodología. Esta metodología está compuesta por 8 fases principales:

¡Error! No se pueden crear objetos modificando códigos de campo.

Figura 1: Diagrama de una Auditoría de Conocimiento estructurado. Fuente: [1]

Fundamento y orientación del estudio. El objetivo de esta fase es tener un entendimiento global de la organización que será auditada, y definir los objetivos de gestión de conocimiento que la organización se plantea. Por medio de reuniones con el equipo líder encargado del proyecto de gestión de conocimiento se llega a mutuo acuerdo sobre dichos objetivos. Alguna información relacionada a la auditoría debe ser recolectada como por ejemplo, el organigrama, los flujos importantes de información relacionada con las actividades del negocio, infraestructura tecnológica de comunicación, entre otros.

Valoración del nivel de preparación de la Organización para implementar un proyecto de gestión del Conocimiento. Qué tan preparada está la organización para implementar un proyecto de gestión del Conocimiento en términos de su cultura hacia aspectos como compartición de conocimiento, motivación y apoyo de la gerencia, preferencias sobre canales de comunicación, la habilidad de la organización para aprender, y las barreras organizacionales relacionadas. La evaluación se hace por medio de un cuestionario sencillo para ser diligenciado en forma individual por los empleados. El resultado de esta etapa es un informe sobre el estado de la preparación, la cultura y la alineación de la estrategia del proyecto de gestión de Conocimiento con la estrategia del negocio.

Conducción de la encuesta y entrevista para recoger evidencia. De acuerdo con los resultados de la fase anterior se selecciona a las personas para tener una entrevista cara a cara que permita recoger información más detallada que no se pueda cubrir por medio de las preguntas del cuestionario. Al preguntar a la gente acerca de sus necesidades de conocimiento, sobre todo aquel de naturaleza tácita, o de difícil explicitación, se pretende asegurar que las empresas se están concentrando en conocimiento crítico. Esta concentración o foco promueve que la gente piense críticamente sobre sus metas y objetivos, los procesos clave y el conocimiento necesario para llevarlos a cabo. Las personas deben considerar sus principales problemas y desafíos, y cómo un acceso más rápido a mejor conocimiento los ayudará sobre estos particulares.

Construcción del inventario de conocimientos. Un inventario de conocimientos es una estrategia para identificar y localizar activos o recursos / capacidades basados en conocimiento que posee la organización y la evaluación preliminar de las características competitivas de éstos. Un inventario se diseña para tratar de determinar las carencias y/o posibilidades nuevas de lo que sabe la compañía. La identificación de conocimientos debe hacerse pensando en su uso posterior. Tres subtipos de cuestiones se pueden plantear respecto al uso del inventario [5]:

Dado un servicio, ¿existen los conocimientos necesarios para proveerlo?, ¿Qué conocimientos faltan y dónde pueden obtenerse?

Dado un conjunto de conocimientos, ¿qué servicios pueden generarse a partir de ellos?

Dado un conjunto de productos y conocimientos, ¿cómo deben evolucionar ambos para que la empresa se mantenga competitiva?

El inventario de conocimientos involucra la categorización del conocimiento explícito y tácito que reside en la organización. En el caso del conocimiento explícito, esto incluye aspectos tales como [1]:

¿Qué conocimiento tenemos (números, tipos y categorías de documentos, bases de datos, bibliotecas, websites de la Intranet, links y suscripciones a recursos de conocimiento externos, etc)?.

¿Dónde está el conocimiento (ubicación en la organización, y en varios de sus sistemas)?

¿Organización y acceso - ¿cómo están organizados los recursos de conocimiento, que tan fácil es la gente encontrar y acceder a ellos?

¿Propósito, importancia y cualidad - ¿por qué esos recursos existen? Son relevantes y apropiados para ese propósito? ¿son de buena calidad (actualizados, confiables, basados en evidencia, etc)?

¿Se está utilizando el conocimiento actualmente? ¿Por quién? ¿qué tan a menudo? ¿Cómo? ¿Para qué?.

En el caso del conocimiento tácito, el inventario se centra en los seres humanos y se detallan los siguientes aspectos:

¿A quién tenemos (categorías (cargos, responsabilidades de la gente)?

¿Dónde están (localizaciones en departamentos, equipos y áreas)?

¿Qué hacen ellos (niveles y tipos de trabajo)?

¿Qué saben (calificaciones y cualidades profesionales, núcleo del conocimiento y experiencia)?

¿Cómo toman decisiones?

¿Qué están aprendiendo (entrenamiento del trabajo, conocimiento y desarrollo)?

El inventario del conocimiento ofrece una foto de los activos o recursos de conocimiento de la organización. Comparando el inventario con el análisis anterior de las necesidades de conocimiento, se pueden identificar brechas en el conocimiento de la organización.

Identificar el conocimiento e inventariarlo no será de gran utilidad (en términos de apoyar o estar articulado con los objetivos estratégicos) sino no se desarrolla la capacidad de explotar el conocimiento identificado. Explotación que se puede materializar en nuevas o distintas formas de prestar un servicio, diseñar un producto o

idear una estrategia novedosa de gestión. La explotación del conocimiento implica un proceso complejo, delicado y exigente, que depende de la interacción de múltiples factores entre los que se encuentran [2]:

La visión estratégica de por qué, con qué, para qué y cómo crearlo y explotarlo;

La conciencia de la importancia del aprendizaje;

La voluntad de desarrollar la capacidad de aprender (uno mismo y con otros);

El rompimiento del paradigma “quien comete fallas es un incompetente y se debe despedir”. Comprender que las fallas son fuentes de conocimiento y que se debe aprender a capitalizarlas para sacarles provecho;

Elementos cognitivos y de personalidad de quienes lo crean;

El ambiente adecuado y el diseño organizacional que ofrezca las condiciones necesarias para su creación y explotación, y sobre todo, comprender el hecho de que es un proceso dinámico basado en una cultura de aprendizaje constante. Dicha cultura, tiene como base el desarrollo de la capacidad de crear y mejorar procesos, productos, servicios, asociados directamente con las actividades primarias de la cadena de valor de la empresa;

El cambio de los modelos mentales y, la definición o redefinición compartida de creencias y valores tanto individuales como organizativos.

Estos elementos no se consiguen por el simple hecho de deseárselos, sino que es necesario, además de un modelo estratégico, un proceso de construcción conciente y constante a todo nivel [2].

El mapa del conocimiento. Un mapa de conocimiento es una representación visual del conocimiento de una organización. Hay dos enfoques para el mapeo del conocimiento. El primero presenta simplemente recursos y activos de conocimiento y muestra qué conocimiento existe en la organización y dónde puede ser encontrado. El segundo también incluye flujo de conocimiento y muestra cómo el conocimiento se mueve al interior y desde el exterior de la organización desde donde se encuentra hasta donde es necesitado. Claramente, el segundo enfoque proporciona la fotografía más completa para el auditor o gestor del conocimiento. Sin embargo, el primer modelo es también útil. En algunas organizaciones, el mapa se pone a disposición a todo el personal para ayudarles a localizar el conocimiento que ellos necesitan.

Análisis del resultado de la auditoría. Un análisis del flujo de conocimiento pretende ayudar a comprender cómo el conocimiento se mueve alrededor de la organización – desde donde se encuentra hasta donde es necesario. Es decir, ¿cómo las personas encuentran el conocimiento que necesitan, y cómo comparten el conocimiento que ellas tienen? El análisis del flujo de conocimiento se enfoca tanto en el conocimiento explícito como el tácito y en lo que ocurre con el conocimiento cuando las personas interactúan con otras en redes o en equipos; los procesos y sistemas.

El foco en esta fase está en las personas: sus actitudes, hábitos y comportamientos, sus habilidades para compartir y usar (explotar) el conocimiento. En los términos de los procesos del conocimiento, los auditores o gestores de conocimiento necesitan mirar cómo la gente ejecuta sus actividades diarias, cómo es solicitado, compartido y usado el conocimiento que es insumo y resultado de esas actividades.

El análisis del flujo de conocimiento permite además que las personas identifiquen brechas, vacíos, faltas u oportunidades de conocimiento en la organización. Este análisis también permite descubrir las barreras al flujo de conocimiento y la efectividad en su uso. El análisis muestra también dónde las personas necesitan enfocar su atención en sus iniciativas de gestión de conocimiento para lograr movilizar el conocimiento desde donde se encuentra hasta donde es necesario.

Reporte de la auditoría del conocimiento. El objetivo del reporte o informe de la auditoría del conocimiento es formular recomendaciones que deben ser tenidas en cuenta al momento de revisar la estrategia del proyecto de gestión del conocimiento. El informe de auditoría de conocimiento tiene como evidencia los resultados de las etapas anteriores y contempla el estado de los activos de conocimiento, mapa(s) de conocimiento, la forma como la empresa lleva a cabo

los procesos del negocio con base en el conocimiento que posee, las brechas de conocimiento, así como las recomendaciones para la conducir la mejora continua. Los resultados se constituyen en valiosa información para la planeación estratégica del proyecto de gestión del conocimiento.

Efectuar auditoría del conocimiento constantemente. La re-Auditoría de conocimiento es conducida periódicamente para permitir que la organización se actualice respecto de cualquier cambio del inventario, del mapa, de flujos y procesos de conocimiento. También se requiere para medir el éxito, para analizar el funcionamiento de la estrategia y puesta en marcha del proyecto de gestión de conocimiento para supervisar, conducir y aprender del proceso.

3. PRINCIPALES HALLAZGOS DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA

La aplicación de la metodología expuesta anteriormente, no fue realizada como una camisa de fuerza dando obligatorio cumplimiento a las fases, en términos de orden de ejecución de éstas, sino que cada una sirvió como herramienta para orientar la auditoría en el trabajo de campo. Cabe destacar que las preguntas y actividades de cada fase iluminaron las conversaciones entre los mismos integrantes del grupo que participaron en la auditoría. Varias sesiones de sensibilización sobre el tema de gestión de conocimiento, su importancia estratégica y el apoyo incondicional del gerente y equipo de la empresa se constituyeron en factores claves de éxito. Ellos sabían que el balance de la implementación de la auditoría no sería positivo en cuanto a que las respuestas a las preguntas y sesiones de conversación determinaban que la empresa nunca antes se había percatado de la importancia de los recursos basados en conocimiento, de hecho, ellos afirmaban que consideran como recursos únicamente aquellos de naturaleza material, pero que gracias a la auditoría de conocimiento reconocían “tener una mina de oro por explotar”. El gerente afirmó en varias ocasiones que además de inventariar estos recursos, la auditoría logró que la empresa se “detuviera por momentos” a conocerse a sí misma, para así comprender quién era y qué podía ofrecer a sus clientes en términos de valor agregado, más aun cuando reconocen que seguramente este será el primer paso para pensar y diseñar la estrategia para ser innovadores.

Así pues, además de lograr que las personas de la empresa se “sentaran a conversar y reflexionar” sobre sus activos de conocimiento, se utilizaron otras herramientas que les permitió aproximarse mejor a un conocimiento sobre sí mismos: Análisis de puntos fuertes y débiles; Situación actual del la empresa en lo que se refiere a gestión de Conocimiento; evaluación DOFA de la empresa; Responsabilidades del gestor del conocimiento; evaluación del conocimiento referente a clientes, proveedores y otros *stakeholders* involucrados.

A continuación se presentan algunos aspectos que conforman los resultados parciales de la auditoría de conocimiento aplicada a la empresa objeto de análisis. Cabe destacar que los aspectos mencionados a continuación fueron formulados directamente por las personas que participaron en las sesiones de conversación y reflexión.

- Existe un gran desconocimiento por parte de los integrantes de la organización, sobre cuáles son los recursos y capacidades basados en conocimiento, sobre todo aquel de naturaleza tácita, dónde están, qué conocimiento falta, dónde y a quién. Por un lado, el conocimiento, por lo menos el explícito, que podría ser productivo se desperdicia en una recopilación de datos y de documentación burocrática que resulta costosa y que nadie utiliza. Por otro lado, el conocimiento se acumula de forma estática en la organización debido a: un jefe notoriamente demasiado ocupado; unos expertos que nunca están disponibles y que son como dioses a los que no se puede acceder fácilmente; personas a las que nunca se pregunta o no se conversa con ellas porque no se han establecido conexiones necesarias; muchos no son felices en sus trabajos y por esto están frustrados y a la "defensiva" porque temen perder poder o importancia en la empresa.
- Se pudo determinar que los sistemas muy especializados y ambiciosos han sido creados para hacer frente a determinados problemas o tareas mediante consultas principalmente de especialista a especialista. El conocimiento generado por los especialistas no están siendo utilizadas ni explotadas por los empleados porque no saben cómo hacerlo.
- Las políticas de la compañía no contemplan la importancia de establecer los espacios adecuados para identificar, compartir y menos para pensar en desarrollar nuevos productos o servicios. Tampoco existe un sistema de incentivos.
- Impera el temor a proponer nuevas formas de hacer las cosas por miedo a ser rechazadas y a quedar estigmatizados como “el personal que está en contra de las disposiciones del gerente”.

- No hay tiempo, ni otros recursos para otra cosa que no sea llevar a cabo las rutinas diarias.
- Los canales de comunicación son pobres y en un solo sentido: “arriba – abajo”.
- En la empresa no se habla de innovación, mucho menos de aprendizaje. No se han establecido las relaciones entre la gestión del conocimiento, el aprendizaje y la innovación.

De cualquier forma, la actitud que asumieron en este proceso es muy positiva porque lograron formularse los interrogantes que proponían la metodología, y asumirlos como herramientas para aprender a “ver” las oportunidades para conocerse mejor y determinar por sí mismos el camino a seguir.

4. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

Definitivamente, desde siempre las empresas, en mayor o menor medida, han gestionado sus activos intangibles de alguna manera aunque no sean conscientes de ello, ya que si no lo manejaran la gran mayoría de empresas no funcionarían. Pero hoy es necesario identificarlos claramente, para que el valor agregado de ponerlo al servicio de los miembros de la empresa, alinearlos con su cadena de valor y en concordancia con la estrategia del negocio, se vea reflejado en la fidelización de los clientes, en empleados más proactivos y en una sociedad más sostenible.

Tal y como lo señalan algunos autores, nos encontramos en una etapa de transición, en la que cada Pyme debe experimentar iniciativas que les permita ir definiendo su propia visión de la gestión de sus intangibles e ir desarrollando un enfoque adecuado a su realidad y actuar en consecuencia.

REFERENCIAS

1. Cheung, Ch, y otros. Systematic Knowledge Auditing with applications. *The Learning Organization*. Vol 13, No. 6, (junio, 2005), pp. 174-183.
2. González, Y. La profesionalización de la Gestión del Conocimiento en Colombia. XII Congreso Nacional de ACCIO – Cognisociedad 2006. Bogotá. 12 y 13 de junio de 2006.
3. González, Y. La Gestión de los Activos Intangibles: Una reto para las Pymes Colombianas en la Economía Digital. I Jornadas de Postgrado e Investigación en Ingeniería Informática – JPIII. Salamanca, España. 6,7 y 8 de Mayo de 2004.
4. Muñoz, B. and Riverola J. *Del buen pensar y mejor hacer. Mejora permanente y gestión del Conocimiento*. Editorial Mc Graw Hill. Madrid. 2002.
5. Teece, D.J. *Managing the Intellectual Capital*. Oxford University Press. Nueva York. 2000.
6. Van Den Berghe, Edgar. *Cómo crear y gerenciar su propia empresa*. Bogotá: Universidad Nacional.1999.

ⁱ La granja se encuentra ubicada en el municipio de SESQUILE, Departamento de Cundinamarca, Provincia de Almeidas, con 6.829 habitantes, con una altitud de 2.595 metros sobre el nivel del mar, y Clima 14, y una distancia a Bogotá de 63 kilómetros, La granja se encuentra ubicada en el municipio de SESQUILE, Departamento de Cundinamarca, Provincia de Almeidas, con 6.829 habitantes, con una altitud de 2.595 metros sobre el nivel del mar, y Clima 14, y una distancia a Bogotá de 63 kilómetros,