



## REVISTA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

San José de Cúcuta, junio de 2012 No. 1  
ISSN 0122-820X

Publicación científica que presenta la producción de trabajos de investigación de la Universidad Francisco de Paula Santander y la comunidad científica en general.

Está abierta a artículos de investigación e innovación, de revisión y reflexión de todas las ramas del saber, cuya calidad será determinada por la valoración de pares expertos.

### Periodicidad

Semestral

### Presentación

Todos los artículos recibidos se someten antes de su publicación a la revisión crítica de pares evaluadores externos.

Los autores de los trabajos asumen toda responsabilidad que pudiera derivarse de los mismos.

Los artículos publicados en esta revista se pueden reproducir total o parcialmente, citando la fuente y el autor.

### Diseño, diagramación e impresión

Offset La Opinión S.A. 5710632  
Cúcuta, Colombia

Admitida en el Índice Bibliográfico Nacional  
PUBLINDEX, Colciencias, categoría C.

### Directivos Universidad Francisco de Paula Santander

Hector Miguel Parra López  
Rector

Jesús Ernesto Urbina Cárdenas  
Vicerrector Académico

Sergio Iván Quintero Ayala  
Vicerrector Administrativo

Carlos Humberto Acevedo Peñaloza  
Vicerrector de Bienestar Universitario

Jorge Sánchez Molina  
Vicerrector Asistente de Investigación y Extensión

Olga Marina Vega Angarita  
Vicerrector Asistente de Estudio

### Coordinación y dirección general

Jorge Sánchez Molina, M.Sc.

### Comité editorial

Jorge Hernando Bautista, M.Sc.  
Universidad Francisco de Paula Santander.

Juan Isidro Díaz, M.Sc.  
Universidad Nacional Experimental del Táchira  
(Venezuela)

José Gregorio Prato Moreno, Ph.D.  
Universidad de los Andes (Venezuela)

Luisa Carolina González Ramírez, Ph.D.  
Universidad de los Andes (Venezuela)

Fausto Pozo, Ph.D.  
Universidad de los Andes (Venezuela)

José Humberto Escalante, Ph.D.  
Universidad Industrial de Santander.

### Comité científico

Ismael Humberto García Páez, Ph.D.  
Universidad Francisco de Paula Santander

Héctor Jaime Dulce Moreno, Ph.D.  
Universidad Francisco de Paula Santander

Jorge Eliecer Martínez, Ph.D.  
Universidad de la Salle.

### Corrector de estilo

Félix Lozano.

### Editores

Jesús Ernesto Urbina Cárdenas, M.Sc.

Yebrail Alexis Romero Arcos, Ing. Esp.

## *Reconocimiento a pares evaluadores año 17 No. 1 / 2012*

M.Sc (c), Esp. Rubén Darío Sánchez Dams

M.Sc Diana Janeth Lancheros Cuesta

Ph.D. Ricardo Azambuja Silveira

Ph.D. José Cascalho

Ph.D. Martín Llamas Nistal

M.Sc José Danilo Rairán Antolines

M.Sc (c), Esp. Edwin Jair Núñez Ortiz

Ph.D. Rosa Vicari

Ph.D. Jorge Eliezer Martínez

Ph.D. Diego Barragán

Ph.D. Ana Belén Gil

Ph.D. Demetrio A. Ovalle Carranza

Ph.D. Carlos Vaz de Carvalho

Ph.D. David Landinez Téllez

Ph.D. Armando Sarmiento Santos

Ph.D. José Manuel Prado Pozuelo

Ph.D. Jairo Armando Cardona Bedoya

Ph.D. Jaime Dulce Moreno

M.Sc Julio Mario Rodríguez

Ph.D. Monica Carmen García Ochoa Mayor

# Contenido

Editorial	4
Modelo de un sistema automático en detección y diagnóstico de fallas basado en redes de petri en el proceso hogar de la Empresa Termotasajero Colgener S.a. E.s.p.	5
Model of automatic system in detection and diagnosis of failure based on petri nets in the process home of the Company Termotasajero Colgener S.a. E.s.p.	
Agent-based Market Research Learning Environment for New Entrepreneurs	11
Ambiente de aprendizaje basado en agentes en investigación de mercados para nuevos emprendedores.	
Desarrollo e implementación de un módulo didáctico de automatización bajo una red de comunicación industrial Modbus	20
Development and implementation of a didactic module automation under an industrial Modbus communications network	
Social Presence Approach Within the Question and Answering eLearning Model: An Experiment with a Multi-Agent System	27
Enfoque de presencia social en el modelo e-learning de preguntas y respuestas: un experimento con un sistema multi-agente	
La paz en el ethos de la universidad	35
The peace in the "ethos" of the university	
Multi-agent Model for Evaluation of Learning Objects from Repository Federations - ELO-index	48
Modelo multi-agente para la evaluación de objetos de aprendizaje en federaciones de repositorios. ELO-index.	
Elaboración del silicio poroso tipo p y caracterización morfológica mediante microscopía de fuerza atómica	55
Preparation of p-type porous silicon morphological characterization by atomic force microscopy	
Obtención y caracterización mecánica de un acero bainítico aleado con boro (10 y 20 ppm)	59
Obtention and mechanical characterization of a bainitic steel with boron (10 and 20 ppm )	
La innovación tecnológica en las empresas del sector cerámico del área metropolitana de Cúcuta	66
Technological innovation in the ceramic manufacturers Cucuta Metropolitan Area	
Resúmenes de artículos en inglés	78

# Editorial

Jesús Ernesto Urbina Cárdenas<sup>1</sup>

Me complace presentar este nuevo número de la Revista Respuestas orientada a la divulgación de productos de investigación, en las diversas áreas del saber que caracterizan la vida universitaria. La presente edición busca consolidar el esfuerzo editorial de varios años de la Universidad Francisco de Paula Santander de Cúcuta, con el objetivo claro de mejorar e incentivar a nuestros investigadores a confrontar con la comunidad académica nacional e internacional sus logros científicos.

Respuestas llega al Número 17, y esta vez acentúa su interés y esfuerzo en la publicación de productos de investigación de colegas de otras instituciones del país. De esta manera, se pretende abrir nuestra universidad a la divulgación de producciones científicas con amplio reconocimiento en los campos específicos en donde se ubique el artículo. Como parte de la política editorial, los textos recibieron el arbitraje y valoración de pares académicos de amplia trayectoria, y se asegura su calidad a partir de sus conceptos y sugerencias.

La diversidad temática y una polifonía de problemas y asuntos garantizan una edición de gran interés para los investigadores regionales, nacionales e internacionales. Podemos hablar de interdisciplinariedad y complejidad en términos de Morin (2002), como un rasgo esencial de este número y de la filosofía original con la cual se fundó la idea de esta revista. El lector podrá sopesar diversas temáticas, y detenerse en aquellos tópicos de su preferencia, de modo que se pueda abrir el debate con colegas de otras latitudes.

Esta pluralidad permite sopesar un “modelo de un sistema automático” con un ambiente de aprendizaje multi-agente; el desarrollo e implementación de un módulo didáctico de automatización, con modelos e-learning de preguntas y respuestas; la elaboración del silicio poroso tipo p, con la innovación tecnológica en las empresas del sector cerámico del área metropolitana de Cúcuta. Y finalmente, un artículo del Ph. D. Manuel Jiménez sobre la paz en el ethos de la universidad.

Pluralidad e interdisciplinariedad que le otorga a la presente edición un matiz especial, en el marco de la complejidad que abre un horizonte múltiple para la comprensión del hacer universitario. Sostiene Edgar Morin al respecto que, la complejidad es lo que está tejido en su conjunto, es decir, es el entramado que hace posible la conversación entre los diversos idiomas metodológicos de las ciencias, a manera de puentes que se estiran o se agrupan en categorías que pretenden un mismo fin: dar cuenta de los grandes interrogantes de la humanidad del siglo XXI.

A pesar de estas nuevas concepciones sobre las ciencias, quedan algunos reductos anclados en la dicotomía de lo que es o no es ciencia, o de lo que llaman “ciencias duras” y “ciencias blandas”. Aun persiste en nuestro ámbito universitario una visión tradicional que escinde y endurece posiciones, ampliamente superadas en el desarrollo del conocimiento en occidente, pero que en nuestro medio, afila los dientes para excluir lo diverso y la posibilidad del encuentro.

Esta edición de Respuestas muestra que la complejidad y la heterogeneidad son posibles cuando se abordan los distintos saberes con respeto y rigor. Cada uno de los artículos publicados contienen el rigor del método, pero a la vez la sencillez del hallazgo científico. A pesar de no ser doctos en cada uno de los tópicos que se abordan en los nueve textos, el abordaje curioso de sus temáticas permite respondernos varias inquietudes, y en particular, la idea de que esto que encuentra el colega o ya se había pensado, o ya lo había hecho. Porque, justamente, la ciencia es el fruto de las preguntas apremiantes, sencillas y hasta ingenuas, del primer filósofo: ¿dónde estoy? ¿por qué ocurre esto? ¿para dónde voy? O la del ser humano en su infancia cuando se pregunta ¿Qué es esto?

Respuestas es un homenaje a la ciencia que se teje en el diario acontecer de nuestros docentes y estudiantes universitarios. A la ciencia que ha roto las fronteras de la dureza que le imprimió el positivismo radical o el instrumentalismo cartesiano. Esta edición es un compendio sobre lo posible a partir de las prácticas pedagógicas de los profesores, de su interacción permanente con los alumnos, y de las explicaciones que se tejen en la conversación de las ideas, en el experimento oportuno y en el ingenio que persiste en nuestros investigadores.

# Modelo de un sistema automático en detección y diagnóstico de fallas basado en redes de petri en el proceso hogar de la Empresa Termotasajero Colgener S.a. E.s.p.

Marlon Mauricio Hernández Cely<sup>1</sup> | Freddy Alejandro Leal Gonzalez<sup>2</sup>

Recibido:  
Agosto 30 de 2011

Aceptado:  
Abril 18 de 2012

## Resumen

Este artículo trata del diseño de un sistema automático en detección y diagnóstico de fallas (SDDF) para el caso de la rotura de tubo en la empresa Termotasajero Colgener, el SDDF está basado en Redes de Petri e implementado en una tarjeta Spartan 2E de Xilinx bajo la norma IEEE 10760/2008. La implementación en la tarjeta FPGA es precisa, factible y confiable utilizando el método experimental que se propone como punto inicial de programación en Redes de Petri con dispositivos FPGA y su aplicación en SDDF. Donde se exponen las ventajas de implementar la tecnología de las FPGA en el campo industrial.

**Palabras clave:** Spartan 2E de Xilinx, Sistemas de Detección y Diagnóstico de Fallas (SDDF), generador de vapor.

## Abstract

This paper present the desing of an automatic system of detection and diagnostic of faults (SDDF) for the case of ruptured pipe in the company Termotasajero Colgener the SDDF is based on Petri Nets and implemented in a Spartan 2E of Xilinx card under the IEEE 10760/2008. The implementation in FPGA card is precise, feasible and reliable using the experimental method which is proposed as starting point por Petri Nets programming FPGA with devices and their application in SDDF. Which displays the benefits of implementing the FPGA technology in the industrial sector.

**Keywords:** Spartan 2E de Xilinx, Systems Fault Detection and Diagnosis (SDDF), steam generator.

<sup>1</sup>IE. MSc, de la universidad de pamplona. Docente de la Universidad Francisco de Paula Santander (UFPS). Semillero de Investigación en Detección y Diagnostico de Fallas en Sistemas de Automatización y Control Industrial (SIDDFA). Marlon25\_3@hotmail.com

<sup>2</sup>IE de la Universidad Francisco de Paula Santander (UFPS), Semillero de Investigación en Detección y Diagnostico de Fallas en Sistemas de Automatización y Control Industrial (SIDDFA). Freddy. alejandro.leal@hotmail.com

# 1. Introducción

En el área de Sistemas de Detección y Diagnostico de Fallas (SDDF), cuentan con varias ramas de estudios, entre estas se encuentran el uso de técnicas de modelado como son la Máquinas de Estado Finitas [2-4], pero debido a su poca aplicabilidad y explosión combinatorial en procesos de mediana complejidad ha hecho que otros investigadores enfoquen sus desarrollos utilizando las Redes de Petri [4-9]. En el trabajo aquí presentado, se realizó el modelado con Redes de Petri en el proceso hogar del generador de vapor (donde se lleva a cabo la combustión, mezcla de aire más carbón, generándose una bola de fuego tangencial para transmitir calor por medio de sus serpentines y poder convertir el agua de estado liquido a gaseoso ) de Termotasajero Colgener. El método desarrollado consiste en obtener un modelo de causalidad del elemento a diagnosticar, utilizando una red de Petri denominada red hacia adelante, [1][10].

Los elementos de arreglo de compuertas programables en campo **Field Programmable Gate Array**, presentan una mayor velocidad de respuesta (secuencial y concurrente) con respecto a otros sistemas programables en el mercado, aunque en la actualidad cuentan con poca aplicabilidad en la industria debido a las condiciones hostiles que limitan su implementación.

El presente artículo pertenece a la Central Termoeléctrica Termotasajero Colgener S.a. E.s.p. ubicada en el municipio de San Cayetano Norte de Santander Colombia, a base de carbón, donde se presentaron fallas esporádicas en una caldera acuatubular que alimenta una turbina de 150 MW, causadas por la rotura de tubo.

# 2. Metodología para el modelado del sistema

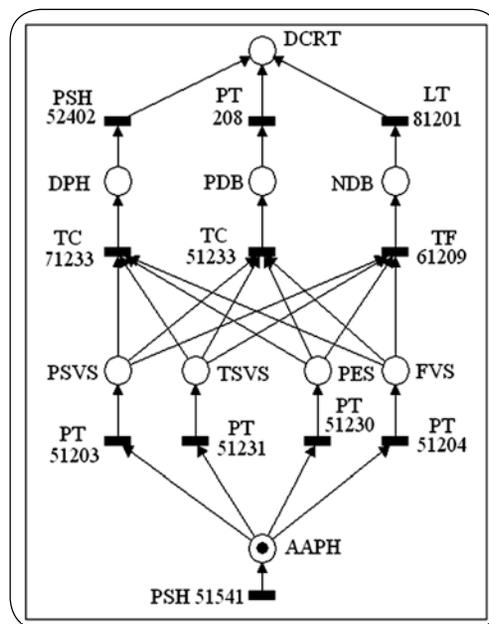
La nomenclatura utilizada para este documento se presenta a continuación:

- PSVS:** Presión de Salida Vapor Sobrecalentado.
- TSVS:** Temperatura de Salida Vapor Sobrecalentado.
- PES:** Presión Entrada Sobrecalentador.
- FVS:** Flujo Vapor Sobrecalentador.
- DPH:** Alta Presión Hogar.
- PDB:** Presión Domo Baja.
- NDB:** Nivel Domo Bajo.
- DCRT:** Disparo Caldera Rotura Tubo
- AAPH:** Alarma Alta Presión Hogar

## 2.1. Etapa I: Identificar el modelo causal del sistema a diagnosticar.

La primera etapa en el proceso de diagnóstico, consiste en obtener un modelo causal en redes de Petri del proceso hogar del generador de vapor, en esta etapa del desarrollo, se utilizaron los modelos descriptivos como el que se ilustra en la figura 1.

Figura 1. Modelo causal del proceso en el hogar en una Red de Petri marcada hacia adelante.

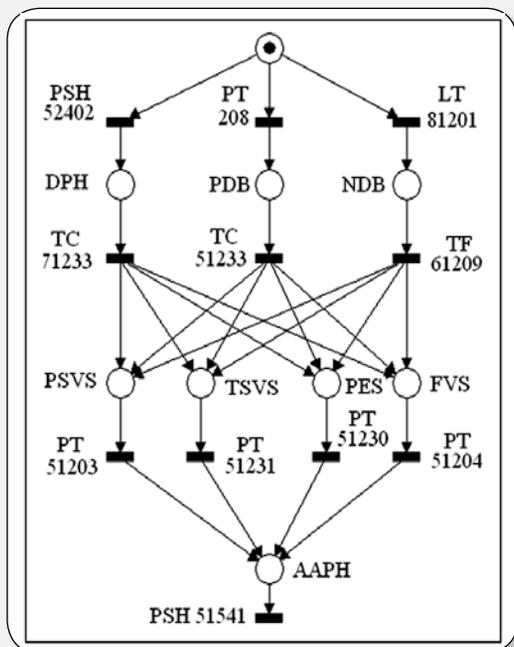


En el modelo de red de Petri, los P-elementos (lugares: DCRT, DPH, PDB, NDB, PSVS, TSVS, PES, FVS, AAPH) son formados por los elementos que intervienen en la falla y los T-Instrumentos (transiciones: PSH 52402, PT 208, LT 81201, TC 71233, TC 51233, TF 61209, PT 51203, PT51231, PT 51230, PSH 51541), fueron constituidos por la transición de la falla y el periodo de tiempo que ocurre entre la propagación de un elemento a otro, es decir, los umbrales se establecieron en las transiciones (instrumentos del hogar). Cuando la última transición se dispara, se establecerá la declaración de la falla [1].

**2.2. Etapa II: Diseño del modelo bajo Redes de Petri para el Sistema de Detección y Diagnóstico de Fallas (SDDF) en el proceso Hogar.**

A partir de los modelos causales de los elementos de la red de Petri de la figura 1, se obtuvieron los modelos de fallas, para esto, basto con invertir la dirección de los arcos de conexión de los elementos como se muestran en figura 2. Además, se incluyen en la red de diagnóstico la señal de alarma alta presión hogar (AAPH), que será de ayuda para la labor de diagnóstico.

Figura 2. Modelo causal del proceso en el hogar en una red de Petri marcada hacia atrás.



Debido a que no se cuenta con un modelo matemático, no se obtienen residuos para hacer diagnóstico, por lo que el sistema de diagnóstico basa su operación en alarmas tradicionales (superación de un umbral establecido) como son rangos de operación, que presentan los elementos (DCRT, DPH, PDB, NDB, PSVS, TSVS, PES, FVS), en el hogar. En dado caso que una variable sobrepase el umbral establecido, se indica un síntoma; para que se declare una falla, es necesario que todos los síntomas se presenten y de esta manera se descartan falsas alarmas.

**2.3. Etapa III: Simulación de la red de Petri para el Sistema de Detección y Diagnóstico de Fallas (SDDF) en el proceso Hogar.**

Para la simulación de la falla se tendrán en cuenta los parámetros de operación y de alarma existentes en la caldera que se dan en la tabla 1. Además del SDDE, el proceso del hogar de generación de vapor se simuló en la toolbox de Matlab PNTTool, donde se observa el estado de los lugares y el disparo de las transiciones a medida que pasa el tiempo tanto del lugar AAPH y la transición PSH 51541 hasta el lugar DCRT, y la transición PSH 52402, como se aprecia en la figura 3 y 4.

Tabla 1. Parámetros principales de disparo de alarma

metros Principales de Disparo y Alarmas de la Unidad	
Alarma alto nivel agua Domo	250 mm.Por encima del N. N
Alarma bajo nivel agua Domo	178 mm.Por debajo del N. N
Corte bajo nivel agua Domo	280 mm.Por debajo del N. N
Alarma alta presión de hogar	330 mm.H <sub>20</sub>
Corte alta presión del hogar	100 mm.H <sub>20</sub>
Alama baja presión de hogar	-100 mm.H <sub>20</sub>
Corte baja presión de hogar	-250 mm.H <sub>20</sub>
Alarma alta temp vapor Sobre	543°C

Figura 3. Simulación en PNToll de Matlab, del causal del proceso en el hogar simulado en una red de Petri marcada hacia adelante.

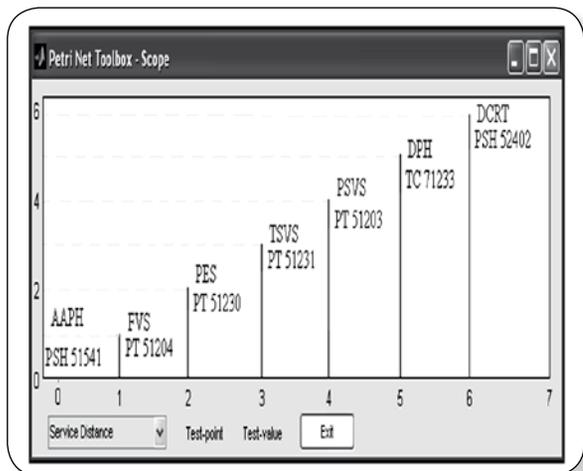


Figura 5. Simulación en PNToll de Matlab, del causal del proceso en el hogar simulado en una red de Petri marcada hacia atrás.

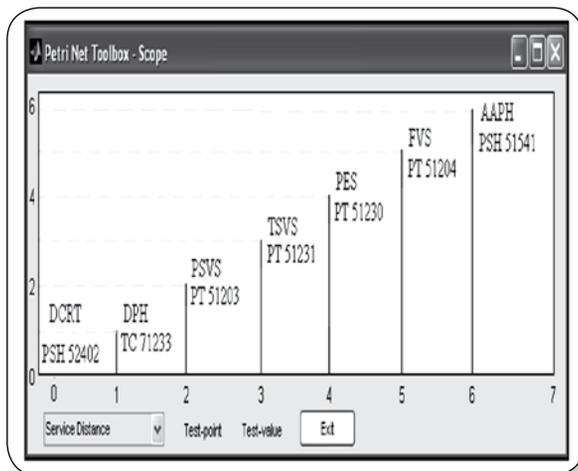


Figura 4. Modelo causal del proceso en el hogar simulado en una red de Petri marcada hacia adelante.

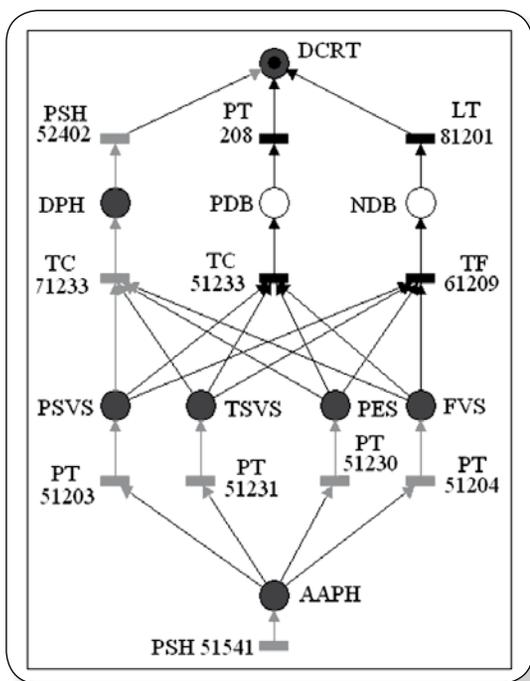
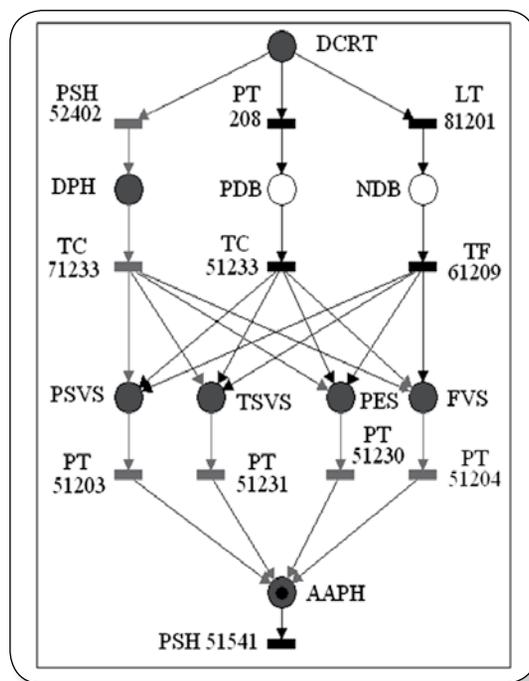


Figura 6. Modelo causal del proceso en el hogar simulado en una red de Petri marcada hacia atrás.



De igual forma se simuló la red de Petri en marcha hacia atrás en el toolbox de Matlab PNTool en donde se muestra el camino que recorre desde el lugar DCRT y la transición PSH 52502 hasta el lugar AAPH y la transición PSH 51541, que corresponde al mismo camino pero en dirección contraria, ver figuras 5 y 6.

#### 2.4. Etapa IV: Propuesta de Implementación Tecnológica del Sistema de Detección y Diagnóstico de Fallas (SDDF), en el proceso Hogar.

La implementación tecnológica se efectúa con la tarjeta Spartan 2E de Xilinx elegida por ser una herramienta de fácil adquisición y por su capacidad de procesamiento.

La tarjeta Spartan requiere una alimentación de 5 Voltios en DC la cual viene incluida dentro del dispositivo por medio de un adaptador a 120 V. la tarjeta cuenta con puertos entradas/salida. El dispositivo FPGA es programado en lenguaje VHDL por medio del software ISE Foundation de Xilinx y programado sobre la norma IEEE estándar 1076 que define el VHSIC lenguaje de descripción de hardware o VHDL. La arquitectura del VHDL esta descrita de forma Behavioral (comportamiento) la cual se basa principalmente en el uso de procesos y de declaraciones secuenciales, las cuales permiten modelar la función con rapidez.

### 3. Resultados y discusión

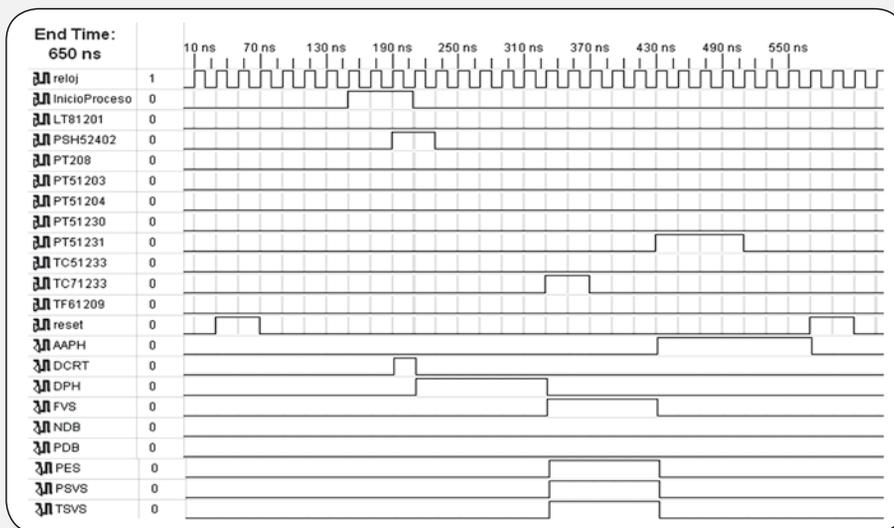
Para la respectiva validación de la red de Petri para el SDDF se simulo en la toolbox de Matlab PNTTool; y el programa implementado en VHDL Behavioral bajo el estándar IEEE 1076/2008, se simulo en la aplicación Test Bench WaveFrom del software ISE Foundation de Xilinx, con datos de operación reales según la tabla1, del proceso en el hogar del generador de vapor, además la secuencia de disparo de las transiciones y superación de los umbrales establecidos concuerdan con exactitud con la secuencia de operación en el hogar.

La gráfica paralela a la figura 5 y 6 simulada directamente del ISE Foundation de Xilinx se muestra en la figura 7, en donde podemos apreciar la variación de la salida (lugares: DCRT, DPH, PDB, NDB, PSVS, TSVS, PES, FVS, AAPH) con respecto a las entradas actuales (transiciones: PSH 52402, PT 208, LT 81201, TC 71233, TC 51233, TF 61209, PT 51203, PT51231, PT 51230, PSH 51541) en el sistema dependiente del tiempo. Ver figura 7.

### 4. Conclusiones

El sistema de diagnóstico en redes de Petri implementado permite una rápida detección e identificación de las fallas en el hogar de la caldera con una detección por sucesos de hasta 20 nanosegundos proporcionados por el hardware de la tarjeta. Asimismo, la representación cualitativa del modelado basado en redes de Petri, lo hace fácilmente extensible a un conjunto de fallas tan grande como se pretenda alcanzar o bien, fácilmente aplicable a los distintos niveles de operación del proceso en el generador de vapor, con el único requisito de reajustar los umbrales de detección por medio del software de programación ISE Foundation de Xilinx.

Figura 7. Simulación realizada en el software ISE Foundation del SDDF en el hogar.



En este trabajo de investigación se abordó el tema de detección y diagnóstico de fallos mediante redes de Petri, por medio de un algoritmo sistemático implementado para la construcción del modelo. En él se pueden detectar el fallo de manera independiente y permite modificaciones o adiciones en el proceso (flexibilidad y propone la revisión On-line del proceso ya que la tarjeta cuenta con esta prestación). El algoritmo se aplica a un proceso de Hogar en la generación de vapor de la Termoeléctrica de Termotasajero Colgener S.a. E.s.p., el cual fue simulado utilizando la toolbox de Matlab PNTTool, simulando la aplicación en Test Bench WaveForm del software ISE Foundation de Xilinx e implementado en el FPGA Spartan 2E de Xilinx. Permitiendo a trabajo futuro hacer la extensión al diagnóstico de fallos a sistemas híbridos: petri-fuzzy, redes neuronales - redes de petri.

## Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a la empresa Termotasajero Colgener S.a. E.s.p. y a la Universidad de Pamplona, igualmente por la colaboración y asesoría se agradece al grupo REYCON y a los ingenieros Diego Fernando Feged Veles y Gerson Rodríguez, Lenin Salazar y a los técnicos Leivi Maldonado y Lorenzo Arias.

## Referencias bibliográficas

- [1] Suárez C., D. A. Alfredo Sánchez L, J. E. Martínez P. y García B., C. D. (2006). Diagnóstico de fallas en el generador de vapor de una termoeléctrica usando redes de Petri.
- [2] Correcher, A., Garcia, E., Morant, F. and Quiles, E., (2005). "Diagnóstico de Fallos Intermitentes: Un enfoque basado en modelos de eventos discretos" Revista Iberoamericana de Automática e Informática.
- [3] García, E., (2000) "Descomposición Modular de Diagnosticadores de Fallos Basados en modelos de eventos discretos" Tesis Doctoral.
- [4] Sampath, M., Sengupta, R., Lafortune, S., Sinnamohidee, K. and Teneketzis, D., (1996) "Failure diagnosis using discrete event models" IEEE Trans On Contr. Systems , Vol. 4, no 2, pp. 105-124.
- [5] Cheng, S. and Jeng, M. (2003). "Failure Diagnosis: A case Study on Modeling and Analysis by Petri Nets", IEEE.
- [6] Genc, S. and Lafortune, S., (2006) "Distributed Diagnosis of Places-bounded Petri Nets", Department of Electrical Engineering and Computer Science, University of Michigan, USA.
- [7] Giua, A. and Seatzu, C., (2005). "Fault detection for discrete event systems using Petri Nets with unobservable transitions", 44th IEEE Conference on Decision and Control, Seville, Spain.
- [8] Ruíz, E., Jiménez, I., Ramírez, A. and López, E., (2004) "Fault Detection and Location in DES using Petri Nets", Proceedings of the 2004 IEEE, International Conference on Robotics & Automation, New Orleans, LA.
- [9] Trigos, M., García, E., Rodríguez, L., (2008) "Modelado y Diagnóstico de Fallos por Medio de Redes De Petri de un Sistema de Envasado de Líquidos" .
- [10] Lo, K.L., H. S. Ng y J. Trecat (1997). Power systems fault diagnosis using Petri nets. IEE Proceedings of Generation, Transmission and Distribution, IEE proceedings online, Vol. 144, pp. 231-236.

# Agent-based Market Research Learning Environment for New Entrepreneurs

Alejandro Valencia\* | Oscar Salazar\* | Demetrio Ovalle\* | Gabriel Awad\*

Recibido:  
Julio 30 de 2011

Aceptado:  
Marzo 4 de 2012

## Abstract

*Due to the importance of creating alternative mechanisms to generate know-how on potential markets for new entrepreneurs this paper proposes an agent-based learning environment to help them learning market research strategies within new businesses. An instructor agent, serving as a learning assistant within the MAS environment guides new entrepreneurs to identify their most adequate market niche. The integration of MAS-CommonKADS and GAIA methodologies is used along with AUML diagrams in order to design and develop this agent-based learning environment, called MaREMAS. The paper thus describes all the stages concerning MaREMAS construction focusing on the conceptualization, analysis, design, prototype development, and validation. The tests developed in the MaREMAS learning environment were satisfactory, however, it is proposed as future work to provide the system a more robust statistical module that allows a better analysis of the research variables and hence be able to generate more useful suggestions to the entrepreneur.*

**Keywords:** *Agent-based learning environments, market research strategies, entrepreneurship, intelligent learning systems, learning helpers modeling*

## 1. Introduction

Many researchers have found that entrepreneurship can contribute to economic growth acting as a method to discover and generate knowledge based on the market opportunities recognition and trading [1]. It is thought that an efficient management of the business creation process becomes a filter to guide towards the selection of successful enterprises within a given market [2]. Thus, training and learning strategies to exploiting market opportunities are adequate means to improve the skills and abilities of new companies.

Alternative mechanisms to generate intelligence should be searched in terms of competition and potential markets [3], using generative learning strategies [4], moreover, specific tools to integrate the breadth of knowledge spread on the market are required. The utilization of experts and consultants for integrating knowledge related to environmental assessments is one of the most used mechanisms [5].

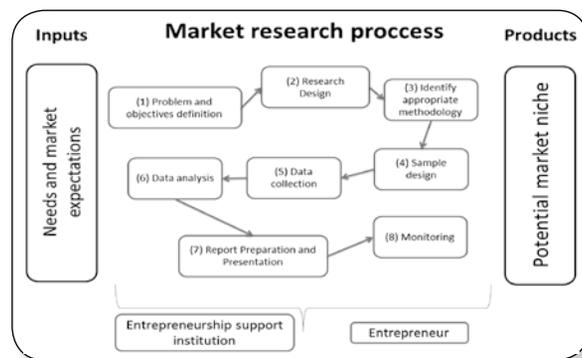
Performing a traditional market research and recruitment consultancy is a process that can be costly in time and resources for new entrepreneurs. The existence of an opportunity not only depends on the presence of a market with a threshold of customers, depends on the creative and innovative capacity of the company to generate a higher market value compared with competitors [3]. Market research aims to help the new enterprises in their learning and decision making to determine the existing market for their product or service, facilitating the identification of a specific market niche [6]. Consequently, the relationship between entrepreneurship and market research allows the value creation and the resources acquisition in order to capitalize on market opportunities. The development of systems serving as instructors in marketing research for new entrepreneurs is an alternative that allows a better use of resources, a broader knowledge of the market and stimulates creative activity in the discovery of new potential expansion niche markets.

Our agent-based learning environment proposed for Market Research Learning purposes aims to be an instructor in the marketing research process established by McDaniel and Gates [8] which specifies standard phases of academic literature [4], [5]. Figure 1 shows all the steps involved in the learning process market research.

The ultimate goal is that the user understands and learns about the stages and components of the market research process, thus, it is proposed a sequential process that

allows it to feedback in each of the learning process steps, i.e., a process that serves as guideline to make a proper market research and promote creativity and pro-activity regarding the opportunities offered by the business environment. A Multi-Agent System learning (MAS) environment can provide support in the strategies of market orientation that are compatible with the generation of business intelligence, improving standards of reliability to create the company, and also, filling some gaps that new businessmen have in the marketing orientation due to their limited resources [3].

Fig. 1. Components of the market research process (Source: [8])



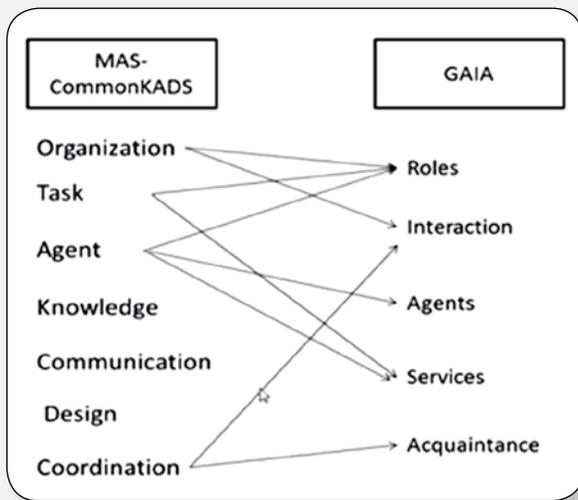
The rest of the paper is organized as follows: Section 2 outlines main concepts on MAS development methodologies involved in this research. Section 3 describes Modeling, Implementation and Validation of MaREMAs. Section 4 offers main results of system's validation. Finally, conclusions and future work are presented in Section 5.

## 2. Methodology

The first thing that arises when developing a MAS is the selection of an appropriate conceptualization, analysis, and design process methodology. The decision is complex due to the fact of the existence of a variety of methodologies such as MaSE (Multiagent System Engineering) [8], MAS-CommonKADS [9], GAIA [10], among others. It is important to highlight that a single

methodology is not sufficiently complete to reflect the flexibility, interaction among agents and the complexity of the organizational multi-agent system structures. MAS-CommonKADS offers several advantages about the proposal of models development [11] which reflect different perspectives and of the MAS proposed.

Fig. 2. Match between MAS-CommonKADS's models and GAIA's models (Source: [12])



The MAS-CommonKADS methodology provides a framework for the specification of implementation-independent knowledge, combining a set of reusable knowledge models used by frequently performed tasks. GAIA models were used to enrich the system modeling. These models do not impose restrictions on the implementation and give to the developer the ability of choosing the desired structure [11]. The MAS-CommonKADS and GAIA methodologies were complementary each other in different ways: the GAIA methodology uses an iterative process at each stage of the system development while MAS-CommonKADS approach uses a cyclical process that allows that the analysis and design phases can perform in an evolutionary manner, complementing the lack of tracing and tracking errors and risks attending in GAIA [10]. Both methodologies provide a set of models to be used during the MAS development. In addition, although all the models represent different issues of the system they have in common that they offer

a description of the agent's environment, and the relationship and dependencies among agents. Figure 2 shows the main equivalences among models of MAS-CommonKADS and GAIA methodologies.

The integration of both methodologies facilitates the MAS design process giving the system developers with more flexibility to make their own decisions. In fact, the representation of all the aspects of the MAS based on models implies a better understanding by developers and actors providing the possibility of system upgrades in the short and long term.

MAS-CommonKADS and GAIA methodologies are used along with AUML diagrams [8], [9], which is not a methodology but instead focuses on trying to adapt existing development tools in order to enrich agent-based system modeling [12]. The joint application of these methodologies will be described throughout the paper where the models are developed using textual templates and diagrams that explain the structure of the main instructor agent (researcher agent). The MAS raised in this paper is called MaREMAS (Market Research for Entrepreneurs based on a Multi-Agent System Approach).

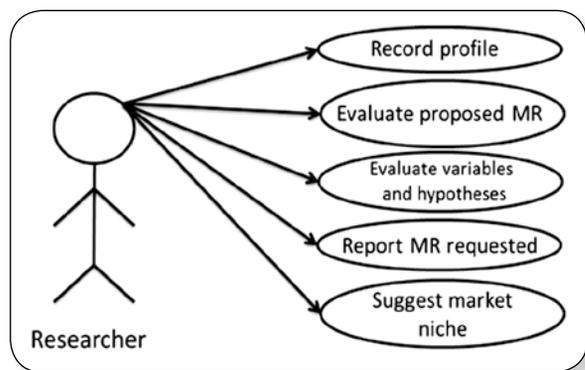
### 3. MaREMAS: Modeling, Implementation and Validation

#### 3.1 First Phase: MAS Conceptualization

First of all, the identification and description of actors and their related use cases are required when using the MAS-CommonKADS methodology [9] based on the conceptualization phase definitions as a first approach to MaREMAS. This kind of analysis is user-centered, considering the points of view regarding the user requirements

and own needs of the system. The use case technique allows the developer to obtain the user requirements and generate test cases [9]. In MaREMAs the actors identified are: entrepreneur, entrepreneurship support institution, researcher, and technical marketing. Figure 3 illustrates the case where the researcher (instructor) interferes and interacts with the system.

Fig. 3. Use case diagram for the market research process



The identification of use cases, conditions, descriptions, and applications are designed based on the process that must be considered for the development of a market research.

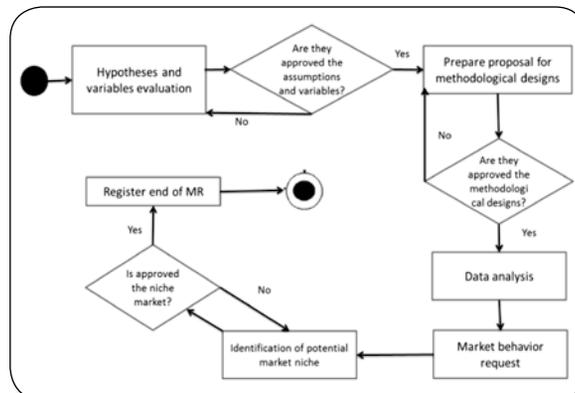
### 3.2 Second Phase: MAS Analysis

The initial diagrams to analyze MaREMAs are handled by GAIA methodology, which provides the agent system organization. This organization refers to a set of roles which keep certain relationships among agents, making clear the hierarchy of analysis concepts that lead with the process. GAIA defines a system as a set of organized roles and interactions among them, i.e., an agent-based society [10].

- **Role Model.** MaREMAs presents the role of each entity within the system, identifies four roles that correspond to the four actors in the use case model. The actors identified are the following: entrepreneur, entrepreneurship support institution, researcher, and technical marketing assistant, who interact among them through relations of communication/collaboration. Each role

in the system must be defined through main issues such as objectives, responsibilities, skills, and role's information required.

Fig. 4. Researcher agent reasoning mechanism



- **Agent Model.** The purpose of this model is documenting the different types of agents to be used in the system [9], defining the instances number to be had from everyone in the runtime. An agent type is a set of roles, i.e., a type of agent may take one or more roles but the opposite isn't true [10]. For efficiency or design reasons, several roles can be grouped into the same agent [13]. To identify the roles is necessary to analyze the system interactions and the actor capacity to play multiple roles. From roles previously defined the following 4 agents were considered: Entrepreneur, Support Institution, Operator, and Researcher.

- **Task Model.** This model describes the tasks that agents can perform: objectives of each task, its components and problem solving methods [9]. The decomposition of tasks into sub-tasks for MaREMAs is related to the Market Research (MR) for new venture creation that mainly implies the following three subtasks: Request MR, Design MR, and Analyze the MR.

- **Experience or Knowledge Model.** The experience model is adapted from MAS-CommonKADS; this describes the knowledge needed by agents to achieve their objectives [13]. Figure 4 shows the inference mechanism used as the researcher agent reasoning proposed in MaREMAs.

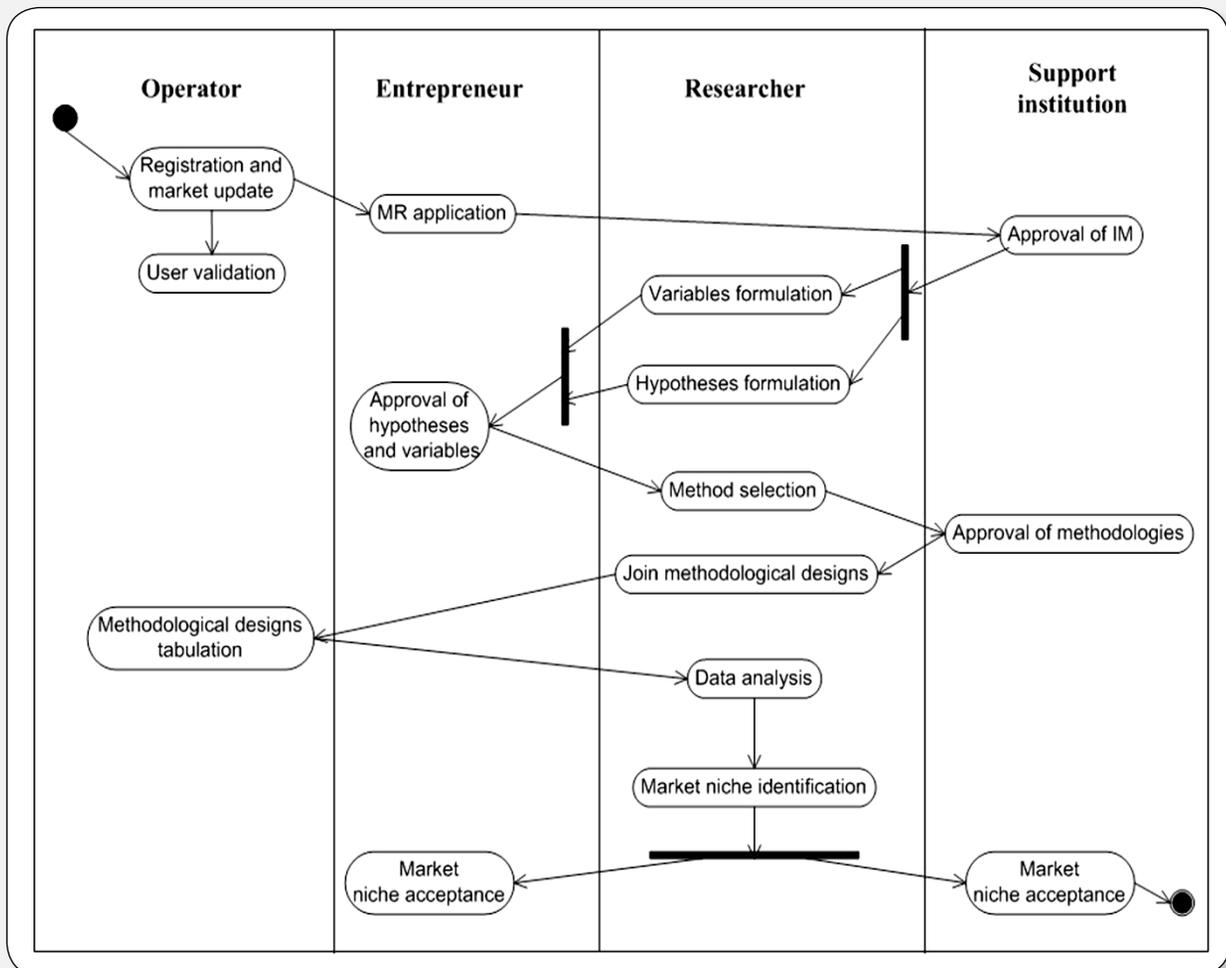
- **Coordination Model.** The coordination model specifies the interactions among agents involved in the problem solving. This model is used to store decisions on the communication protocol structure, along with the risks associated with the functional requirements of communication protocols [9]. Figure 5 shows the MaREMAS's AUML activity diagram allows observing the agents interaction protocols, expressing the activities and operations carried out and the facts that cause them. In addition, it provides a useful explicit control thread for complex interaction protocols that involves simultaneous processing.

- **Communication Model.** In MAS-CommonKADS communication model is

responsible for modeling human-machine relationships [9].

- **Organization Model.** The MAS-CommonKADS organization model aims to analyze, from a group perspective, the structural relationships among agents (software and humans) that interact within the system. This model represents the organization in terms of related sub-organizations [9] to better understand the general system structure. The MaREMAS's organization exhibits the existence of few hierarchies; there is only one between the researcher and the operator (marketing technician). The other agents have horizontal relationships and cooperate to carry out the proposed objectives.

Fig. 5. AUML activity diagram for market research protocol



### 3.3 Third Phase: MAS Design

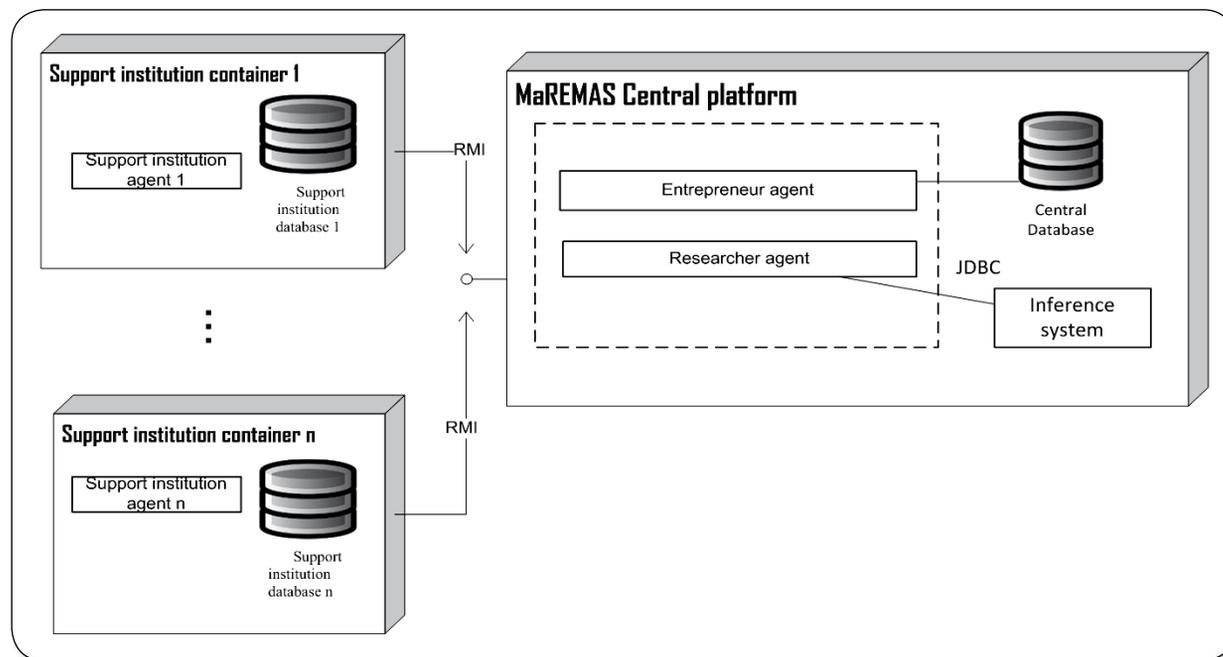
- **Service Model.** The service concept implies that in a MAS designed with GAIA the agents can perform tasks that are offered to other agents when they required [10]. This model aims to identify and specify those services, associated with each agent role, that represent its functionality. Thus, each activity previously identified in the analysis phase will correspond to a service, although not all services necessarily emerge from activities. The method proposed by Bustos [14] and used in MaREMAs, consists of a template that specifies: service name, input data (what is sent), output data (what is obtained) and pre-conditions (conditions that must be satisfied before the service starts). The main services implemented in MaREMAs are the following: Request\_MR, Generate\_variables, Generate\_hypothesis, Suggest\_methodologies, Elaborate\_budget, Analyze\_data, Identify\_market\_niche, Register\_user, Enter\_market\_segment\_information, among others.

- **Design Model.** The MAS-CommonKADS design model documents the design decisions adopted [7]. This model specifies the functional

requirements of the MAS, introduce the non-functional requirements that should be considered for its implementation and technical aspects that were not previously captured. Three kinds of design decisions should be made: network design (outlines the network model), agents design (each agent decomposes into subsystems), and platform design (software and hardware aspects) [9]. Figure 6 shows MaREMAs components, their location, and communication channels among modules and the connection with other systems and information repositories. In the AUML component diagram it can be seen three different modules, the first is the host\_1 wherein resides the JADE central platform with its main container composed of specific JADE agents and MaREMAs agents interacting with the MR process.

The other two modules represent different secondary JADE containers; each associated with entrepreneurship support institutions and having several researcher agents. All hosts from 2 to k it will have the ability to communicate with host\_1 using the RMI protocol provided by JADE to call remotely their agents and functions. The operator agent stores in a DB history the MR requested,

Fig. 6. MaREMAs Component diagram



its variables, assumptions, and results to consolidate more market information generating useful information feedback for the MAS that will provide increasingly successful recommendations about market niche. The operator agent and researcher agent have access to the system DB through JDBC compliant with the DBMS used.

Fig. 7. JADE RMA interface for the MAS

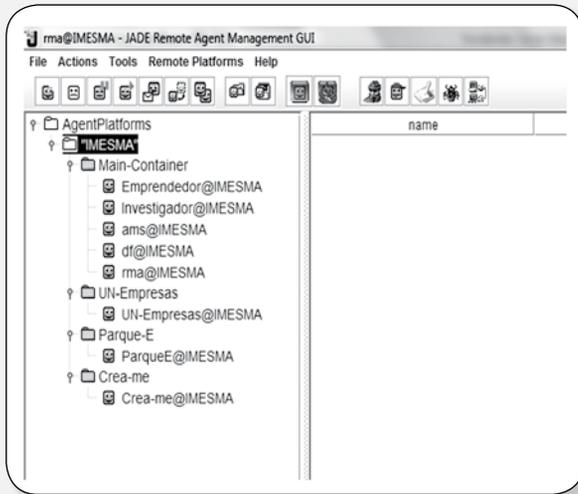


Fig. 8. MR Interface design



The platform design documents low-level decisions on the implementation language selected; in this case MaREMAS, JADE FIPA-compliant (“JAVA Agent Development Framework”) [15],[16] was used along with MySQL Server 5.0 as DBMS, which allows relational databases creation, multi-threaded,

and multi-users to exchange information among agents making possible to real-time information transfer. Another tool used to develop the system was hibernate 3.6.4 which allows the object/relational mapping (ORM) for the Java platform, providing transactions transparent and efficient with the DB.

### 3.4 Prototype Implementation and Validation

Figures 7 and 8 show some of the system interfaces, which incorporate the functional and non-functional requirements found in the analysis phase. In addition, the registration stage offers a wizard that allows the user to enter research parameters, providing a friendly interface and providing support throughout the process of filling out the necessary information. The system offers a teaching-learning module which allows the user to enter new MR results or otherwise offers him earlier research related to the parameters entered into the record business idea.

## 4. Results

A main feature offered by MaREMAS is the ability to make decisions in real time according to the parameters entered by the entrepreneur. The main decisions taken by MaREMAS are the following: (a) Evaluates and suggests MR variables; (b) Evaluates and suggests MR hypotheses; (c) Evaluates and suggests methodological designs; (d) Evaluate the budget and (e) Suggests potential market niches based on the MR results.

In addition, the researcher agent promotes the acquisition of MR life cycle learning strategies in the user since it helps to identify the variables and assumptions involved in the MR and provides suggestions recovered from the MR database. This allows the entrepreneur to consider areas of study and problems that had not previously been considered. The system also provides guidance to users for generating ideas and initiatives in terms of potential customers (market) to be consulted.

The sequence of the main interactions between the entrepreneur user and the researcher agent initially occurs when the entrepreneur enters the variables to analyze along with the MR business sector desired. With this information the researcher agent generates variable suggestions or in case of MaREMAS has previously adequate research information on the subject stored this will be presented. Consequently, the entrepreneur formulates hypotheses based on the variables analyzed and the researcher agent evaluates if the hypotheses are correctly formulated and if they accomplish the minimum number required. Finally, the researcher agent suggests new combinations of variables to generate new hypotheses for study.

In order to evaluate the system's performance we decided to consider two kinds of scenarios: The first one was related to the proposition of a new MR that was not stored in the MaREMAS's knowledge base. This scenario made it possible to assess how efficient was the system as an instructor of new entrepreneurs, guiding them in the MR designing process. In addition, the system provides relevant data useful for the MR such as variables, hypotheses, appropriate methodological design, budget, among others. For the second scenario, it was requested MR related to studies previously entered to MaREMAS. This scenario got a satisfactory answer from MaREMAS since when a MR was requested, the system offered very well suggestions with respect to the unit analysis, covered in the MR.

From the results obtained by the tests it can be noted that decisions made by software agents are coherent to those taken by human agents. In addition, the system offers benefits in terms of response time compared with support institutions when they may advise to new entrepreneurs about MR processes. Finally, there is a module in MaREMAS that offers suggestions on previous MR studies, which expedites the learning process and data gathering, thus saving resources of time and budget.

## 5. Conclusions and Future Work

The integration of MAS-CommonKADS and GAIA methodologies along with the assistance of AUML diagrams provides more flexibility in the agents interaction and the complexity of the MAS organizational structures. In fact, the representation of all the aspects of the MAS based on models provided by both methodologies implies a better understanding by developers and actors giving the possibility of system upgrades in the short and long term. This paper showed in detail the design and development cycle of MaREMAS, an agent-based learning environment that serves as instructor for new entrepreneurs, teaching and guiding them on the MR process. The process includes from the idea conception to the adequate MR design and its subsequent development.

The tests developed in the MaREMAS prototype were satisfactory, however, we propose as future work to provide the system a more robust statistical module that allows a better analysis of the research variables and from the results to make useful suggestions to the entrepreneur. Another future work will be to integrate the system with actual market research repositories in order to add more knowledge to the system.

## 6. References

1. Acs, Z. J., Szerb L.: Entrepreneurship, economic growth and public policy. *Small Business Economics*. 28, 109–122 (2007)
2. Cobo Quesada, F.B., Hervé, A., Sánchez, A., Del Socorro, M.: *Emprender en clave de marketing: propuestas conceptuales y prácticas*. Anuario jurídico y económico escurialense. 43, 373–392 (2010)
3. González-Benito, Ó., González-Benito, J., Muñoz-Gallego, P. A.:

- Role of entrepreneurship and market orientation in firms' success. *European Journal of Marketing*. 43, 500–522 (2009)
4. Liu, S. S., Luo, X., Shi, Y. Z.: Market-oriented organizations in an emerging economy: A study of missing links. *Journal of Business Research*. 56, 481–491 (2003)
  5. Bolger, F., Pulford, B. D., Colman, A. M.: Market entry decisions: effects of absolute and relative confidence. *Exp Psychol*. 55, 113–120 (2008)
  6. Webb, J. W., Ireland, R. D., Hitt, M. A., Kistruck, G. M., Tihanyi, L.: Where is the opportunity without the customer? An integration of marketing activities, the entrepreneurship process, and institutional theory. *Journal of the Academy of Marketing Science*. 39, 537–554 (2010)
  7. Sciascia, S., Naldi, L., Hunter, E.: Market orientation as determinant of entrepreneurship: an empirical investigation on SMEs. *International Entrepreneurship and Management Journal*. 2, 21–38 (2006)
  8. Wood, M., DeLoach, S.: An overview of the multiagent systems engineering methodology», in *Agent-Oriented Software Engineering*. 1–53 (2001)
  9. Iglesias Fernández, C. A.: Definición de una Metodología para el Desarrollo de Sistemas Multiagente. (1998).
  10. Wooldridge, M., Jennings, N. R., Kinny, D.: The GAIA methodology for agent-oriented analysis and design. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*. 3, 285–312 (2000)
  11. Jiménez, J., Ovalle, D., Bedoya, J. W.: Conceptualización y análisis de un sistema multi-agente pedagógico utilizando la metodología MAS-CommonKADS. *Dyna*, 158, 229–239 (2009)
  12. Bayer, P., Svantesson, M.: Comparison of Agent-Oriented Methodologies. First Blekinge Institute of Technology Student Work-shop on Agent Programming, 21 (2001)
  13. Lázaro Molina, J., Ruiz Dimoff, P.: Apuntes metodológicos de desarrollo orientado a agentes: Aplicación a una agencia de viajes (2006)
  14. Alonso Bustos, A.: Implementacion del algoritmo de Computer Assisted Slot Allocation System (CASA) de la Central Flow Management Unit (CFMU). (2011)
  15. Pastrana David, M. P., Guzmán, J., Ovalle, D.: Análisis y Diseño de un Sistema Multi-Agente para Simular el Mercado de la energía Eléctrica en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas - Sede Medellin, (2003)
  16. Bellifemine F., Rimessa G., Trucco T. & Caire G.: JADE Programmer's Guide. (2005)

# Desarrollo e implementación de un módulo didáctico de automatización bajo una red de comunicación industrial Modbus

Moreno G. Francisco E.<sup>1</sup> | Becerra V. José A.<sup>2</sup> | Mondragón E. Jorge E.<sup>3</sup>

## Resumen

Recibido:  
Diciembre 12 de 2011

Aceptado:  
Mayo 18 de 2012

Este trabajo presenta el desarrollo y la implementación de un módulo didáctico bajo una red de comunicación con protocolo Modbus RTU, integrando elementos de automatización industrial como lo son una interfaz gráfica (HMI), dos controladores lógicos programables PLC's y un variador de frecuencia altivar 71. La red de comunicación industrial implementada, alcanzó una máxima transferencia de datos en el orden de 19200 kbit/s, lo cual permitió desde un dispositivo maestro tener la capacidad de acceso, control y tratamiento a todos los registros internos de memoria de sus dispositivos esclavos. El desarrollo de este proyecto es un aporte a la solución de problemas relacionados a la transferencia de información entre diferentes dispositivos electrónicos y a la generación de alternativas de bajo costo para la adquisición y adaptación tecnológica en el área de comunicaciones industriales y automatización industrial Colombiana.

**Palabras Clave:** Protocolo Modbus, variador de frecuencia, PLC, HMI, automatización.

## Abstract

This paper presents the development and implementation of a didactic module under an industrial communication with Modbus RTU protocol integrating elements of industrial automation as are graphical interface HMI, two programmable logic controllers PLC's and frequency inverter altivar 71.

The industrial communication network implemented, reached a maximum data transfer on the order of 19200 kbit /s, which is allowed from a master device having the ability to access, control and treatment all internal registers of the memory slave devices. The development of this project is a contribution to solving problems related to the transfer of information between electronic devices and generating low-cost alternatives for the technology acquisition and adaptation in the field of industrial communications and industrial electronics Colombian.

**Keywords:** Modbus Protocol, frequency inverter, PLC, HMI, automation.

<sup>1</sup> Doctor en Ingeniería Mecánica. femgarcia@ufps.edu.co, Grupo de Investigación en Automatización y Control - GIAC, Universidad Francisco de Paula Santander, Avenida Gran Colombia No. 12E-96B Colsag. Cúcuta - Colombia.

<sup>2</sup> Magister en controles industriales. josearmandobv@ufps.edu.co, Grupo de Investigación en Automatización y Control - GIAC, Universidad Francisco de Paula Santander, Avenida Gran Colombia No. 12E-96B Colsag. Cúcuta - Colombia.

<sup>3</sup> Ingeniero Electrónico, jorgeenriqueme@ufps.edu.co, Grupo de Investigación en Automatización y Control - GIAC, Universidad Francisco de Paula Santander, Avenida Gran Colombia No. 12E-96B Colsag. Cúcuta - Colombia.

## I. Introducción

El aumento de los sistemas industriales automatizados ha obligado a la comunidad científica y académica a encontrar actualizaciones para todas las disciplinas dentro del campo de la automatización. Este hecho ha motivado a las universidades a disponer de laboratorios polivalentes que puedan ayudar a los estudiantes a desarrollarse y capacitarse en los diferentes campos de la ingeniería [1]. Hoy en día, la finalidad y el reto que se tiene en las universidades es ir a la vanguardia en innovación tecnológica, a partir de la creación de herramientas que faciliten el aprendizaje en la formación de profesionales más competitivos. Por lo tanto, el desarrollo de módulos didácticos contempla beneficios y perspectivas a ser alcanzados, permitiéndose al futuro profesional aprender y afrontar los diversos casos prácticos, que están presentes en la industria Colombiana.

El objetivo de este proyecto consistió en el diseño e implementación de un módulo didáctico conformado por una *Human Machine Interface* (HMI), dos controladores lógicos programables (PLC's) y un variador de frecuencia altivar 71 de la Schneider Electric, interconectados bajo un protocolo de comunicación industrial, en este caso MODBUS RTU. El desarrollo de este módulo permite a los estudiantes de Ingeniería Electrónica, Electromecánica y afines de la Universidad Francisco de Paula Santander (UFPS), contar con equipos de alta gama y afianzar conocimientos en las áreas de comunicación industrial, automatización, supervisión y control.

## II. Comunicaciones industriales en la automatización

De acuerdo con la normatividad técnica,

hay diferentes formas de reconocimiento para desarrollar proyectos de automatización industrial. Dos de estas formas son las normas de facto y las normas de jure [2] [3]. Un estándar de facto es, por definición, un producto que ha logrado el dominio a través de la aceptación del público y el uso. Por otro lado, un estándar de jure (por ejemplo el puerto físico RS-485) que ha sido revisado por organizaciones como la Organización de Estandarización Internacional (ISO) y han sido legalmente aceptados. Los objetivos de estas organizaciones son la creación de al menos cuatro niveles de estandarización en la revisión: compatibilidad, intercambiabilidad, en común, y de referencia. Lo que estos cuatro niveles tratan de lograr, es la operacionalidad entre los productos y un acuerdo universal sobre su uso en la industria [4]. Es importante entender la distinción entre las dos normas anteriormente mencionadas cuando se empieza a ejecutar un proyecto donde los estándares de calidad deberán ser estrictamente utilizados.

Por lo tanto, el primer paso para el desarrollo y organización de las comunicaciones consistió en decidir cómo se lograría la comunicación entre los dispositivos bajo las normas específicas de cada uno. En este caso, el protocolo Modbus sobre un medio físico RS-485 se visualizó como uno de los más aplicables debido a su amplio uso en la industria para llevar a cabo comunicaciones multipunto, así como su disponibilidad de la fuente abierta, que no requiere de regalías por el uso [4].

El Modbus es un protocolo de comunicación que ayuda al patrón de las comunicaciones multi-esclavo entre dispositivos electrónicos. Es una red de comunicación industrial, con capacidad para transferir datos entre un dispositivo maestro y hasta 247 dispositivos esclavos, cada uno con una dirección de esclavo única de 1 a 247, reportado en este artículo fue definido un dispositivo maestro y tres dispositivos esclavos, como se puede observar en la figura 1.

En la figura 2 se presenta las capas de aplicación del protocolo Modbus según el modelo de interconexión de sistemas abiertos, *open system interconnection* (OSI) [5]. Con Modbus se permite la transferencia y almacenamiento de datos mediante el uso de bobinas y registros de memoria internos en cada dispositivos. Las bobinas se encargan de almacenar valores binarios simples mientras que los registros almacenan valores numéricos de 16 bits [6]. Tanto la bobina y los valores de registro se almacenan en tablas direccionadas específicamente con relación a los valores almacenados. Existen dos clases de Modbus en la industria: la *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII) y la *remote terminal unit* (RTU), [5]. El Modbus RTU, el cual fue seleccionado para implementarse en este proyecto, requiere que cada byte se envíe como una cadena de ocho caracteres binarios enmarcada con un bit de inicio y un bit de parada, por lo que cada transmisión es de diez bits de longitud, la cual fue un factor determinante para su aplicabilidad en el proyecto.

Figura 1. Diagrama del proyecto para la red de comunicación desarrollada, [10].

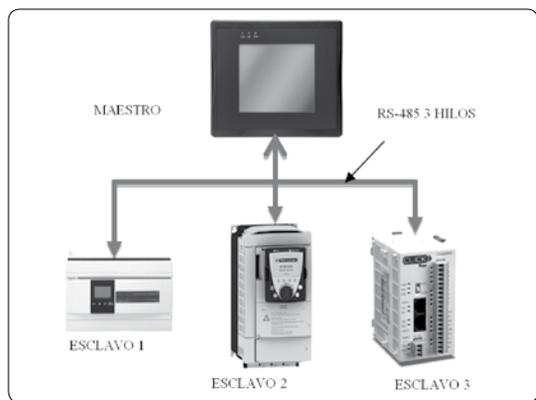


Figura 2. Capas de aplicación del protocolo Modbus en el modelo OSI [4].

7	APLICACIÓN	MODBUS
6	PRESENTACIÓN	
5	SESIÓN	
4	TRANSPORTE	
3	RED	
2	ENLACE DE DATOS	MAESTRO - ESCLAVO
1	FÍSICA	RS-485

### III. Caracterización y construcción experimental del módulo didáctico

A continuación se describen las características principales de los dispositivos interconectados en la red de comunicación del módulo didáctico.

#### 3.1. HMI-5056N de la Maple Systems

Es una interfaz gráfica sensible al tacto del operador o bien conocida como *Human Machine Interface* (HMI), facilita la supervisión de los operarios a plantas industriales intuitivamente. El comportamiento de estas interfaces es similar al comportamiento de los componentes discretos, por ejemplo al pulsar switch selector este toma la forma natural, igual que si fuera dispositivos discretos. Los operadores pueden hacer ajustes rápidamente de ayudas incluyendo setups de las máquinas, textos de diagnósticos, mantenimiento y alarmas, [7] [8]. Entre sus características principales se cuenta con un microprocesador de 400 Mhz una memoria flash de 128 MB, para su conexión a la red cuenta con dos puertos físicos seriales que trabajan RS-232 y RS-485.

#### 3.2. PLC Twido TWDLCAE40DRF de Telemecanique

El controlador lógico programable (PLC) Twido, cubre aplicaciones estándar de 10 a 264 entradas/salidas. Presenta un diseño compacto y su operación, según el fabricante, es sencilla y fiable. Permite comunicaciones Modbus [5]. El fabricante destaca su facilidad de integración, cableado y montaje, para la adaptación a necesidades concretas, ahorran tiempo y mejoran la fiabilidad. Se destina a instalaciones sencillas y máquinas compactas. Para su conexión a la red cuenta con un puerto serial minidim de 8 pines que trabaja conexión física RS-232 y RS-485.

### 3.3. Variador de frecuencia ALTIVAR 71

El variador de frecuencia modelo Altivar 71 de la empresa Schneider Electric, permite ejecutar diferentes tipos de control a motores con una gran funcionalidad integrada. Está adaptado a los siguientes accionamientos: par y precisión de velocidad, dinámica elevada con control vectorial de flujo, gama de frecuencia ampliada para los motores de alta velocidad, puesta en paralelo de motores y accionamientos especiales gracias a la ley de tensión/frecuencia. Para su conexión a la red cuenta con un puertos RJ-45 que trabaja conexión física RS-232 y RS-485, [9].

### 3.4. PLC Click Koyo c0- 02dd2-d

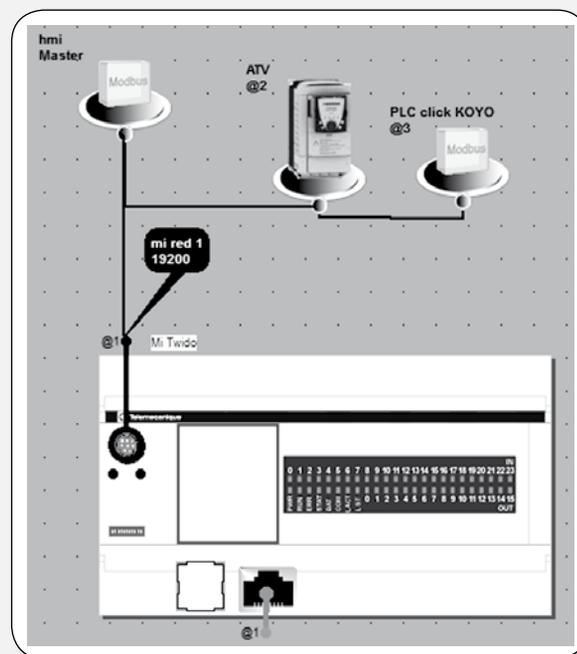
Es un controlador lógico programable (PLC) que cubre aplicaciones análogas y digitales, consta de dos canales de entrada y salidas analógicos de corriente (4–20 mA) y voltaje (0–5 Vdc). La memoria es de 8.000 pasos de programa, además tiene tres puertos de comunicación, uno con la una única función de programación RS232C, un segundo puerto para comunicaciones seriales bajo una conexión física RS232C y finalmente un tercer puerto que fue utilizado en el módulo didáctico bajo la referencia RS485 Modbus.

### 3.5. Construcción experimental del módulo didáctico

Una vez realizada la caracterización y selección de los elementos necesarios para la ejecución del proyecto, es importante resaltar que la construcción del modulo involucró el desarrollo del proyecto a nivel de software y a nivel de hardware. A nivel de software, el desarrollo de las comunicaciones se programó en cada elemento de la red de forma independiente, teniendo en cuenta que la información entre los dispositivos debe estar en una continua transferencia basándose en direcciones lógicas y registros en cada esclavo coordinados dentro de la estructura de la automatización. Además se programó en cada equipo su nombre de red y su posición

previamente establecida como lo muestra la figura 3.

Figura 3. Configuración software de la red de comunicación en el módulo didáctico, [10].



Para establecer los parámetros de comunicación se interconectaron físicamente los esclavos individualmente para comprobar la capacidad de cada dispositivo, se observó que el PLC Twido y el variador de frecuencia altivar 71 no presentaron ninguna respuesta a velocidades bajas de transferencia de datos específicamente a 9600 kbit/s. Se estableció que para 19200 kbit/s, todos los equipos soportaban correctamente la red de comunicación entre si, por lo tanto los parámetros de comunicación fueron establecidos de acuerdo con la siguiente tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de comunicación.

PARÁMETRO	VALOR
Velocidad de trasmisión	19200 baudios
Bits de datos	8 bits
Paridad	Ninguna
Bits de parada	1 bits
Tiempo de espera	0,1 segundos
Retraso de entrega	1 milisegundo

La pantalla HMI 5056N que hace el papel de maestro en esta red de comunicaciones trabaja una comunicación half-duplex con cada uno de los elementos interconectados, se hizo necesario programar la pantalla HMI para que renvié dos veces los paquetes de información a sus esclavos de forma que no se presentará pérdida de información.

A nivel de Hardware, fue necesario la construcción de una fuente de alimentación de 24 Vdc para el suministro de energía del PLC Click y la pantalla HMI 5056N, los demás dispositivos (plc twido Telemecanique y el variador altivar 71) se alimentan directamente de la red de distribución.

El módulo consta de dos paneles frontales, el superior que esta formado por la etapa de protección eléctrica, la tierra del módulo, la fuente de alimentación de 24 Vdc y el PLC Twido con sus 24 entradas y 16 salidas directamente conectadas a borneras para fácil acceso.

En las figuras 4 y 5, se puede observar la etapa inicial de la construcción y el prototipo final del módulo identificándose los dispositivos que conforman la red de comunicaciones como lo son el variador de frecuencia Altivar 71, el PLC click koyo, el PLC twido y la pantalla HMI 5056N.

Figura 4. Etapa inicial en la construcción del prototipo del módulo didáctico.

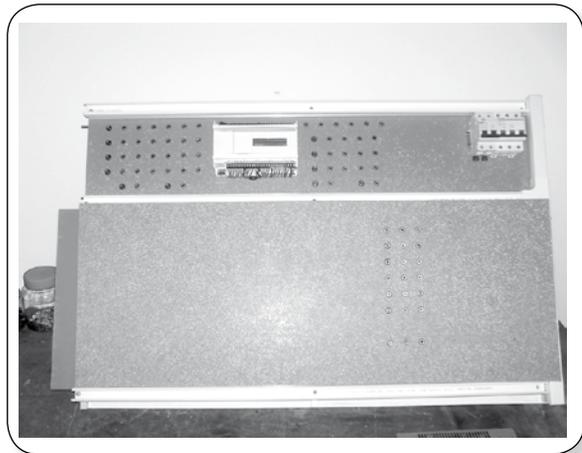
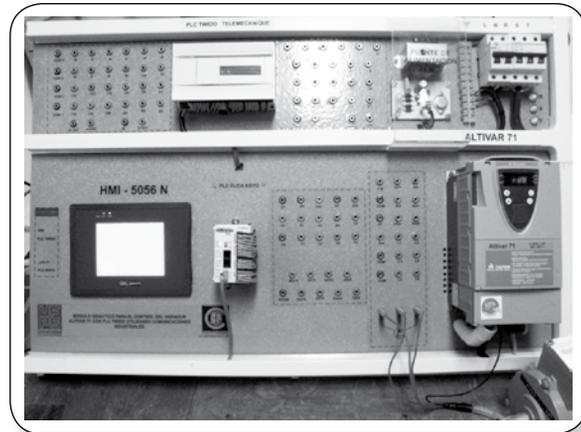


Figura 5. Vista final del módulo didáctico.



## IV. Pruebas experimentales.

Las aplicaciones del módulo didáctico utilizando la pantalla HMI5056N están constituidas por uno o más ventanas dentro de las cuales se encuentran algunos objetos y sub-rutinas cuyas propiedades (color, posición, sensibilidad, etc.) pueden variar a las señales de control (activación por un sensor, un final de carrera, etc.). Otros objetos pueden ser modificados por el operador (pulsando el área programada) para suministrar ordenes a los PLCs desde la pantalla HMI a través de la red de comunicación industrial desarrollada.

Una de las pruebas experimentales es la activación del variador de frecuencia altivar 71 por medio de la red Modbus implementada. Se inicia a partir del acceso al registro de control (CMD) de la memoria interna del variador. Una vez realizado se permite a través de la red controlar la consigna de velocidad (LFRD) dada en revoluciones por minuto (RPM) y limitada por los valores previamente configurados en la pantalla. Esta pantalla, como puede ser observada en la figura 6, consta de un medidor gráfico tipo aguja que lee el valor de velocidad actual y lo marca en su escala previamente configurada y cuatro *set bits* que tienen como finalidad modificar parámetros específicos en el registro de control (CMD), *reset* (modifica el bit 3), *marcha atrás*

(modifica el bit 2), marcha adelante (modifica el bit 1) y *stop* que lleva a cero todos los bits del registro CMD deteniendo por completo el funcionamiento del variador.

La figura 7 presenta la última ventana en la HMI5056N en comunicación con los demás dispositivos del módulo didáctico, dicha ventana permite la supervisión y monitorización de los parámetros del variador de frecuencia, como son los valores actuales de lectura visualizados directamente por medio de *displays* numéricos, a estos parámetros se les permite únicamente la opción de lectura, además si el usuario desea conocer el comportamiento de la variable a través del tiempo puede acceder a una ventana de gráfico. Además pulsando las teclas de función ubicadas a mano izquierda de cada parámetro, se permite la adquisición de datos en tiempo real trabajando con el *data sampling*, de forma que la transferencia de datos se ejecuta a través de la creación de una matriz dinámica en el tiempo.

Figura 6. Pantalla puesta en marcha modo *on-line*

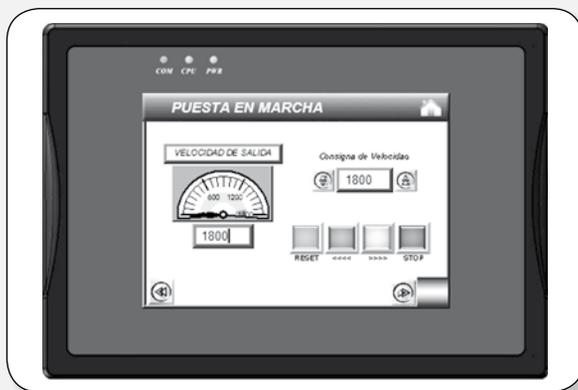
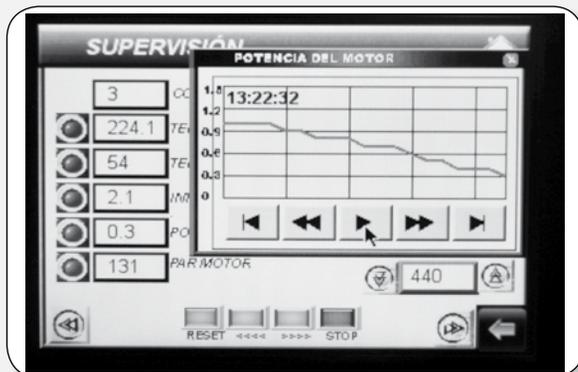


Figura 7. Pantalla supervisión en tiempo real, *trend Display*.



## V. Conclusiones

Se diseñó e implementó un módulo didáctico que permite establecer la comunicación entre controladores lógicos programables, actuadores y una interfaz gráfica que permite la monitorización de los elementos pertenecientes a la red de comunicación industrial.

Con la implementación del protocolo MODBUS en el módulo didáctico, se evidencia la facilidad y flexibilidad del uso de este protocolo. Ésta es quizás la principal razón de su alta difusión en entornos industriales. Se realizaron pruebas en las cuales fue visible la capacidad de operación en red e interoperabilidad del módulo, de forma que desde clientes Modbus de diferentes fabricantes accedan a registros y datos sobre los diversos elementos que conforman la red.

Para el manejo del módulo, se debe realizar una programación previa de los PLC's a utilizar, que se cumpla la verificación de la comunicación entre la pantalla HMI, el variador y los PLC's, por lo cual se da la posibilidad de trabajar con conexión ON LINE, cuya finalidad es comprobar el intercambio de registros, ya sean utilizados para salidas y entradas en tiempo real.

Las herramientas trabajadas en éste proyecto, permite a los estudiantes familiarizarse con la supervisión, control de procesos, la programación de autómatas programables y adaptación de tecnologías en el área de la automatización industrial. Además es importante resaltar entre los resultados académicos más importantes de este proyecto la realización de artículos de carácter científico y guías para desarrollar laboratorios utilizando este módulo didáctico por parte de la comunidad estudiantil.

Se pueden crear herramientas para laboratorios de electrónica y comunicaciones industriales invirtiendo aproximadamente un 40% menos de economía por debajo

de los costos que representaría adquirir un equipo comercial de una casa fabricante con representación internacional.

Cuando se enlazan los elementos de la red con la pantalla Touch Screen, se debe configurar el formato y características de comunicación entre ellos, como la disponibilidad de los puertos de comunicación de la pantalla solo era uno a la vez (COM 1), fue necesario utilizar el driver Modbus RTU master, adaptando el variador y el PLC click KOYO a este formato. Es muy importante el concepto de este tipo de protocolo, para evitar posibles conflictos de comunicación.

Se evidencia cómo una interfaz gráfica permite supervisar una planta por medio de controladores o PLC's interconectados a través del protocolo Modbus, por ejemplo, que un sólo operario pueda atender remotamente diversos procesos simultáneamente desde un mismo puesto de trabajo. Además del monitoreo tradicional de variables es posible cambiar los parámetros operativos individuales de los controladores.

## VI. Referencias bibliográficas

- [1] B. AKTAN, C. BOHUS, L. CROWL, AND M. SHOR, "Distance learning applied to control engineering laboratories," *IEEE Transactions on Education*, vol. 39, no. 3, pp. 320–326, Aug 1996.
- [2] DIEGO J. SAGI, PABLO F. BLANCO, FRANCISCO J. DOMINGO. *Estándares en tecnologías educativas*. Universidad Complutense de Madrid, 2010. Disponible en internet: <http://www.cesfelipesecondo.com/revista/Articulos2004/Articulo11.pdf>.
- [3] CETIS. "Learning Technology Standards: An Overview. CETIS (*The center for educational technology interoperability standards*)", 25 de Noviembre de 2001. Disponible en internet: <http://www.cetis.ac.uk/static/standards.html>.
- [4] K. PAPASIDERIS, C. LANDRY, B. SUTTER AND A. WILSON "Environment Temperature Control Using Modbus and RS485 Communication Standards" *Engineering Technology and Industrial Distribution Department Texas A&M University Faculty Advisor: Dr. Joseph Morgan, D.E., P.E.* January 10, 2009.
- [5] VITOR C.L.D. *Redes de Automação: Controlnet, Devicenet e Fieldbus, Controle & Instrumentação*. São Paulo, Publicações Valete, set 2000, p 68 – 74.
- [6] URDA, DIEGO CARROZO. *Protocolo Modbus*. Santa fe de Bogotá: McGraw Hill, 2003, 348 p.
- [7] MAPLE SYSTEMS. *Manuales de funcionamiento, programación y operación de las Pantallas Touch screen HMI5056N de la maple systems*, 2011. Disponible en Internet: <http://www.maplesystems.com/>
- [8] NATALE F. *Automação Industrial*. Ed. Érica. 6ª Edição. São Paulo, 2000, 256p.
- [9] SCHNEIDER ELECTRIC ESPAÑA, S.A. – *Manuales Altivar 71, Catalogo 2005*. Disponible en Internet: <http://www.schneiderelectric.es>
- [10] MONDRAGON E. JORGE E. "Diseño e implementación de un sistema didáctico para el control del convertidor altivar 71 con plc Twido utilizando comunicaciones industriales" 2012. 198p Tesis. Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia

# Social Presence Approach Within the Question and Answering eLearning Model: An Experiment with a Multi-Agent System

Cecilia Avila\* | Jorge Bacca\* | Josep Lluís de la Rosa\* | Silvia Baldiris\* | Ramon Fabregat\*

Recibido:  
Abril 25 de 2012

Aceptado:  
Mayo 30 de 2012

## Abstract

*The model of Questions Answering (Q&A) for eLearning is based on collaborative learning through questions that are posed by students and their answers to that questions which are given by peers, in contrast with the classical model in which students ask questions to the teacher only. In this proposal we extend the Q&A model including the social presence concept and a quantitative measure of it is proposed; besides it is considered the evolution of the resulting Q&A social network after the inclusion of the social presence and taking into account the feedback on questions posed by students and answered by peers. The social network behavior was simulated using a Multi-Agent System to compare the proposed social presence model with the classical and the Q&A models.*

**Keywords:** Social presence, social network, eLearning, Q&A Model, Multi-Agent System.

## 1. Introduction

Social networking creates online communities where people share interests and activities. While social networking sites like Facebook and Twitter were not developed as educational tools they have been eagerly adopted by some educational institutions seeking new levels of student engagement and interactivity [1]. Eberhardt[2] notes that Facebook is a feature of contemporary student life and transition to university can be eased through interactions with numerous online communities. Contrary to the negative perceptions of using this very popular technology in an educational context, De Villiers [3] found that the use of Facebook for academic discussions with postgraduate distance learning students enhanced student's learning and insight.

Institut D'informàtica i  
Aplicacions, Universitat de  
Girona, Girona, Spain  
cecilia.avila@eia.udg.edu,  
jorge.bacca@eia.udg.edu,  
peplluis@eia.udg.edu,  
baldiris@eia.udg.edu,  
ramon.fabregat@udg.edu

The approach here explored is to boost the impact of social question answering in education for increasing the competence level of groups of networked students doing question and answering to each other, similarly like Quora [4] but in controlled educational environments, this is named the not-alone experience in a collaborative environment, for instance the Q&A model [5] in which students pose questions and peers or teacher give answers to those questions. When talking about online interaction in collaborative environments and social networks we should consider the social presence which is the degree to which a person feels 'socially present' [6]. In order to analyze the behavior of the social network within the Q&A model, we performed a set of experiments based on a Multi-Agent System that allow us to see what happen when the social network is static (in the Q&A model do not discover new friends), or what happen when the social presence of each student is considered and if it affects the evolution of the social network.

This document is organized as follows: Section 2 describes the background and introduces the social presence measure, in section 3 a model for the social presence is proposed and its components are described and section 4 describes the simulation stages in order to check the model; finally the results of the experiments and future work are presented.

## 2. A Quantitative Measure of Social Presence

To include the social presence concept in the Q&A model, it is proposed a quantitative measure. Based on Chen, et al. [7], the source of social presence could be classified in: "individual characteristics", "social relationships", "user interface" and "real time interactivity". According to the characteristics mentioned, the social presence features that

we considered to be included within the Q&A model are:

- Number of Friends in the social network (NFriends)
- Time between proposing a question and getting Answers (TAnswer)
- Satisfaction measure with user Interface (SInterface)
- Average Time online (ATimeonline)

The social presence was included in the Q&A Model as a vector for every student as follows:

$$SP_v = \{NFriends, TAnswer, SInterface, ATimeonline\} \quad (1)$$

In Equation 1, the  $SP_v$  is the Social Presence vector.  $SP_v$  for each student that will be compared with an ideal or desirable Social Presence vector according to the cosine distance [8] and this measure represents a value that allows to identifying if a student perceives a high or a low level of Social Presence.

$$Socialpresence = \cos\theta = \frac{SP_{v_i} \bullet SP_{v_j}}{\|SP_{v_i}\| * \|SP_{v_j}\|} \quad (2)$$

In Equation 2,  $SP_{v_i}$  is the ideal social presence vector (target vector), and  $SP_{v_j}$  is the social presence vector of each student.

As a result in Equation 2, Social Presence shows a quantitative measure of the social presence for every student (or agent) in comparison with the target vector. This measure is a value between 0 and 1, where values near to 0 indicates a low Social Presence and values near to 1 indicates a high level of Social Presence.

## 3. Social Presence Within the Q&A Model

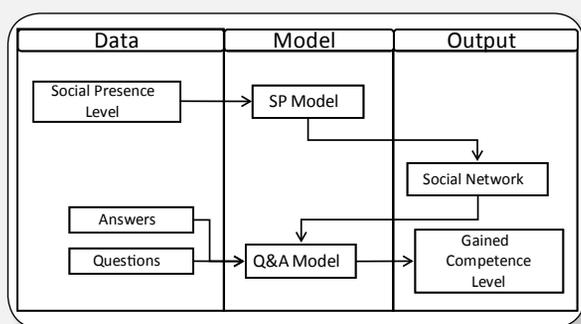
### 3.1 General description

In Figure 1, the information handling of the process is depicted. There are three lay-

Social Presence Approach Within the Question and Answering eLearning Model:  
An Experiment with a Multi-Agent System

ers: *data, model and output*. In the *data layer* there are two inputs: the first one is the Social Presence Level (which is measured as explained in section 2 with the cosine distance) and the second one is a set of Questions and Answers. The Social Presence Level feeds the Social Presence Model (SP Model) and the Questions and Answers feed the Questions and Answers Model (Q&A Model) located at the *model layer*. As a result of applying the SP Model there is a Social Network which represents the output of the model and it is involved in the Q&A Model in order to generate the final score for the Gained Competence Level on the *output layer*.

Fig. 1. Social Presence Model and Query and Answer Model



3.2 Description of each component in the model

- **Social Presence Level.** This level is calculated for every student by means of the cosine distance taking into account the issues described in section 2.
- **Questions and Answers.** The list of questions posed by students and the answers given by peers within a period of time, in this case 12 weeks.
- **SP Model.** The Social Presence Model takes the social presence level as an input and impact the Social Network evolution; at the same time affects the Q&A Model. In this context, in the work developed by Rodrigues, Sabino and Zhou [9] there is evidence on how the interaction and contacts in social networks enrich the work of the student in the learning process:

“Throughout the learning process, the student will be confronted with questions and doubts that need clarification. The easy access to online social networks will allow all people to contact with several people. While different people do not work in the same problems they share common interests and backgrounds, thereby facilitating the sharing of information with one or both parties”.

- **Social Network.** The Social Network has an initial contact list of n friends and evolves through 12 weeks in which questions could be:
  - Answered by friends of a student: In this case, a friend could explain the answers in better empathetic ways than a teacher and with additional efforts to make other students understand [10]. In our case there is an additional bonus in the Gained Competence Level for the students who answer.
  - Answered by peer students in the class (they are not in the contact list yet): In this case, if the person who answers the question is not in the contact list of the person who ask the question, and there is a friendship request previously sent, the person who ask the question accepts the friendship request and they become new friends in the Social Network and the contact list of each one is updated.

According to the friendship links among peers, the Questions and Answers posted in the system impact the Social Network evolution as well as they are impacted by the behavior of students in the Social Network. In this sense the research developed by Palfreyman[11] remarks the importance of the learning behavior when people ask colleagues for information and cites the research of Garton[12] in which is described “how specific relations between an individual and his/her acquaintances may vary in their content (e.g. their topic and focus), their direction (e.g. helping or being helped) and their strength (in terms of frequency of contact, or of quantity/

quality of content). Such relations may accumulate over time to form strong or weak ties between individuals, which may be more or less, multiplex“. Additionally, cites the research of Borgatti and Cross [13] in which “show how people ask colleagues for information based on (a) their knowledge of the other person’s expertise, (b) how positively they view the other person’s skills, and (c) ease of access to the other person...”.

- **Q&A Model.** This model takes into account question answering among students, so students pose questions that peers answer in 12 weeks in contrast with a classical model where students ask questions only to teachers and have limited learning interaction among them [5].
- **Gained Competence Level.** This is the competence level which varies from 0 to 6, according to the Q&A Model. Competence is gained when students answer and pose questions.

### 3.3 Model Behaviors

The SP Model and the Q&A Model are integrated as a unique model. To achieve this, there are some behaviors that manage the answering process:

- **Send friendship request and the Social Presence Level.** Social Presence Level impacts the Q&A Model by means of the following condition: If there is a friendship request of student A2 to student A1 and if Social Presence Level of student A1 is larger than social presence level of student A2, we assume A1 will accept the friendship request of A2. In this sense, Social Presence takes importance due to the interaction in terms of the visibility of students. In relation to this, in [9] is proposed that: “The increased visibility of student work is very relevant through the use of online social networks. This increased visibility will improve and strengthen social relationships with other contacts” [9].

- **Answer questions and friendship links.** If student A1 answer the question of student A2, and they are friends in the Social Network, then student A1 receives a bonus point of 0.05 to their Gained Competence Level, otherwise, if student A2 has sent a friendship request to student A1 (which means that in this moment they are not friends), student A1 receives only a bonus point of 0.025. Finally if A1 and A2 are not friends and there are not friendship request, no one receives any bonus point. We decided to assign a bonus point in the competence level taking into account the theoretical framework proposed by [10], in which the authors state that a friend or colleague could give you useful information about any topic than the information that you can find in a web site.
- **Evaluate other causes.** Any other cause which is raised from the interaction of the students in the social network through question posing and answering that impact the Social Presence Model.

The simulation of these behaviors is performed by a system with a Multi-Agent System, which is described in section 4.

## 4. Simulation Stages and Intelligent Agents

Section 4.1 is a brief presentation of the developed system and section 4.2 presents how the initialization of the social network is performed. Also we considered 2 simulation stages. The first one is an experiment in which a Social Network is initialized with a group of 8 students (represented by intelligent agents) and it is described in section 4.3. The second one considers an experiment in which the Social Network evolves and it is described in section 4.4.

### 4.1 Intelligent Agents

In order to perform the experiments, the

Social Presence Approach Within the Question and Answering eLearning Model:  
An Experiment with a Multi-Agent System

system was developed with a group of 8 agents. As shown in Figure 2, the Multi-Agent System interacts with the Q&A Model by means of four types of agents: student, peer, friend and requested friend. Competence Level, Social Presence and Contact List are the main features for the student's agent. The initial Competence Level will be updated through the simulation period (12 weeks), the Social Presence is calculated with the proposed quantitative measure and the Contact List is updated according to the interaction in the Social Network. All of them are modified according to the behaviors of each agent within the interaction with others.

On the other hand, the Social Network is defined during the process of posing questions and answering, and each student's agent has behaviors to achieve this (send friendship request, pose and questions). As is considered by Neji and Ammar [14], agents can be designed to imitate human behavior, in this work agents imitate the behavior of a group of students interacting in a social network.

4.2 Initializing the Social Network

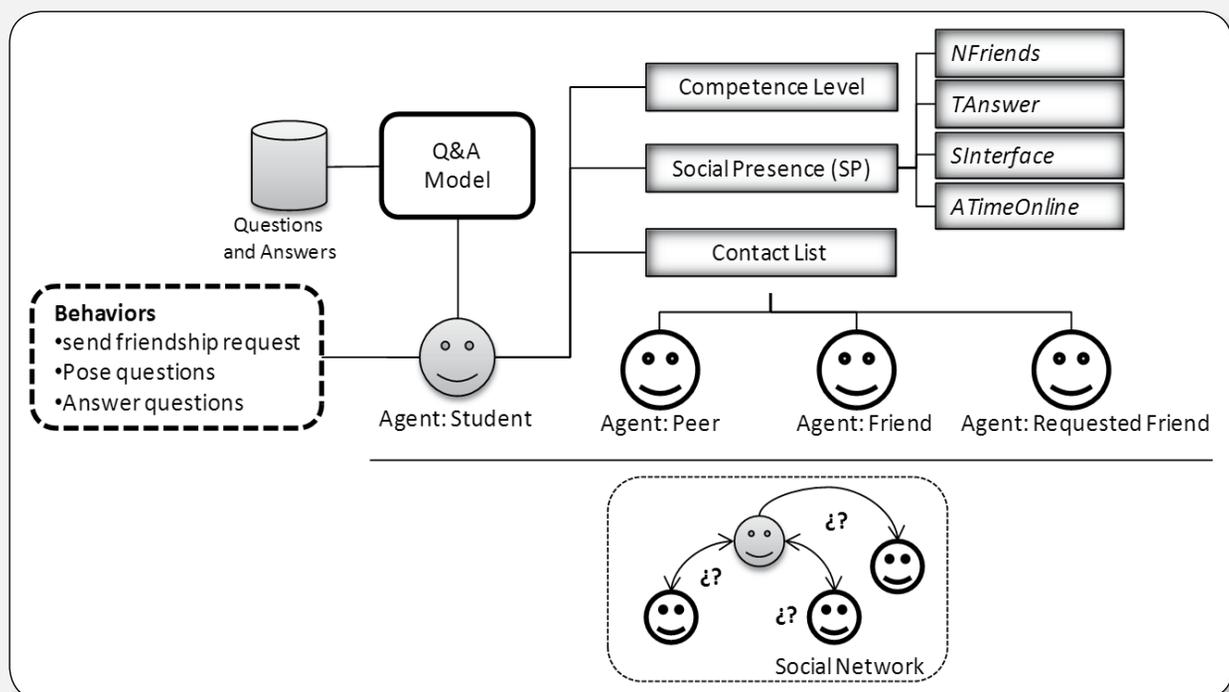
Following the same example of Ermalai

and de la Rosa [5] there is a stage with 8 students (which are represented by intelligent agents in the experiment), and the Social Network is organized by assigning an initial number of friends for every agent. As a result of initializing the Social Network we have two types of relationships. The first one is a bidirectional type, for example when student A5 sends a friendship request to another student and this student accepts that request.

The second one is a unidirectional type, for example when student A5 sends a request to student A7 and this request is not answered. In this context, the Social Network works in the same way than Facebook, when people send friendship request to other person, he/she have to accept the request in order to keep in touch with the other person [15].

Once the initial Social Network has been created, with a group of friends for every student, and a set of friendship request have been sent to others in the Social Network, the process of posing questions and answers is started. According to [9] when people interact and share information, this process "might encourage people to learn together, sharing

Fig. 2. Multi-Agent System Architecture in the model



views and content relating to the matters in question”.

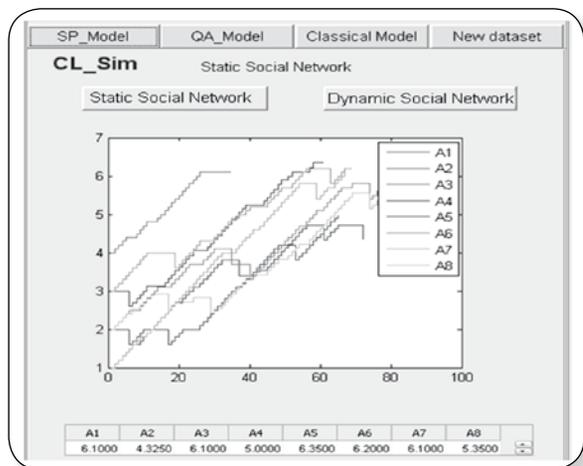
### 4.3 Experiments with a static social network

In this stage, after the Social Network initialization, students pose questions and peers answer those questions within 12 weeks in which no new links in the Social Network are created; so at the end of the simulation the Social Network structure does no change. In this stage the following conditions are taken into account:

- When a student answers a question posed by a friend receives an additional bonus point as described in section 3.3 which is added to the Gained Competence Level.
- When a student answers a question posed by a peer (not a friend), the social relationship with the peer does not change. In this case the interaction by means of question posing and answering do not create new friendship links.

Figure 3 shows the results of an experiment with a static social network. The y-axis in the figure represents the Gained Competence Level; the x-axis is the time in days (in 12 weeks) and each line in the stair stepgraph shows the evolution of each student. In this case we are not considering the Social Presence Level yet; it is only a demonstration of the behavior in the Social Network and the Gained Competence Level of students.

Fig. 3. Simulation stage of the static social network

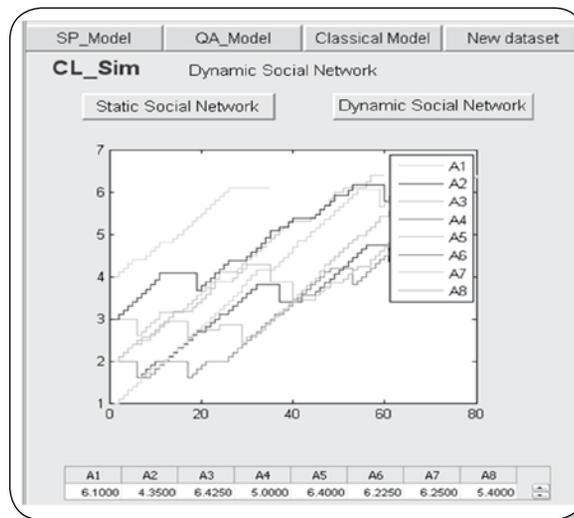


### 4.4 Experiments with a dynamic Social Network

In this stage, once the social network has been initialized, students pose questions and peers answer the questions within 12 weeks in which new links could be created due to friendship requests sent to other peers which are accepted during the process when interaction occurs in the Social Network (questions posed are answered by peers). The following conditions are taken into account:

- If student A1 has sent a friendship request to student A2, student A2 has proposed a question and student A1 answers the question, student A1 receives a bonus point of 0,025 to the Gained Competence Level and accept the friendship request, so there is a new link of friendship in the Social Network.
- If student A1 and student A2 are friends and student A1 answers a question proposed by student A2, student A1 receives a bonus point of 0,05 to the Gained Competence Level.
- If student A1 and student A2 are not friends and there is not friendship requests sent and student A1 answers a question proposed by student A2, then bonus point are not given to anybody.

Fig. 4. Experiment with dynamic social network



As a result at the end of the experiment the Social Network structure has been updated than the initial structure which means that students have new friends that comes from the interaction in questions and answers and taking into account the social presence level of each student. Figure4 shows the results of anexperiment with dynamic social network.

## 5. Discussion and Results

The following tables show the results obtained in the experiments described in sections 4.2 and 4.3, and allow comparing the gained competence for every student in the end of the experiment. Table 1 shows the results obtained at the end of the experiment stage with a static social network and table 2 shows the results obtained at the end of the experiment stage with a dynamic social network.

According to the results shown in table 1 and table 2, we observe that the results of the dynamic network are better than the results obtained in the static network. It is important to take into account that a same dataset was used for both experiments. From the results we can observe that students reach higher values of competence with a dynamic network which social relationships were raised due to the interaction by means of question posing and answering. For instance, students A2, A3, A5, A6, A7, and A8 obtained better results than in classical or Q&A Model. It means that in a dynamic social network in the context of a learning environment where students interact by means of question posing and answering, students obtain better results in the Competence Level.

**Table 1.** Results of the simulation with the static network

Agents / Students	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Gained Competence Level	6.1	4.325	6.1	5.0	6.35	6.2	6.1	5.35

**Table 2.** Results of the simulation with the dynamic network

Agents / Students	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Gained Competence Level	6.1	4.35	6.425	5.0	6.4	6.225	6.25	5.4

On the other hand in table 3 the results obtained for the gained competence (after 10 simulations) are summarized as well as the general average in each model. As is shown in the general average column, the dynamic social network and SP Model has the better result in comparison with the others concluding that the social presence level and the evolution in an social network (we defined this feature as dynamic social network) are factors that influence in a positive way the eLearning process when there is an interaction through the question posing and answering strategy.

**Table 3.** Comparison of the average in gained competence level

Agents / Students	Gained Competence Level (average after 10 simulations)								General Average
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
Classical Model	5.8	4.5	2.5	2.6	5.5	1.5	5.7	2.5	3.825
Q&A Model	6.1	6.1	5.1	5.1	6.1	5.1	4.5	6.2	5.5375
Static Social network and SP Model	6.1	6.3	6.3	4.7	6.1	6.55	6.1	6.425	6.0718
Dynamic Social network and SP Model	6.1	6.3	6.3	4.875	6.1	6.9	6.1	6.45	6.1406

Table 4 shows a comparison of the average percentage improvement in the gained competence from each model. The results are: an improvement of 60.53% in the Dynamic SP Model (or Dynamic Social network and SP Model) when it was compared with the Classical Model; a 10.89% in the Dynamic SP Model when it was compared with the Q&A Model and a 1.13% in the Dynamic SP Model when it was compared with Static Social network and SP Model.

**Table 4.** Average percentage improvement in the gained competence from each model

Model	Improvement in Gained Competence Level(%)	
Classical Model	Q&A Model	44.77%
	Static Social network and SP Model	58.73%
	Dynamic Social network and SP Model	60.53%
Q&A Model	Static Social network and SP Model	9.64%
	Dynamic Social network and SP Model	10,89%
Static Social network and SP Model	Dynamic Social network and SP Model	1.13%

## 6. Conclusions and Future work

The quantitative measure of the Social Presence Level in each student allows updating the Social Network, taking into account the interaction of students in the network by means of question posing and answering from the Q&A Model.

The quantitative measure of the social presence in the system could be used in order to recommend activities for students that have a lower social presence level.

Social Network and Social Presence has been integrated with the Q&A Model in order to introduce social factors in the collaborative learning process.

On the other hand by means of the experiments we can observe how the Multi-Agent System evolves by interacting in a social network through question posing and answering. As a result of the experiments we observed a better performance in the dynamic social network (in which is included the social presence concept) than the other compared models, in terms of the gained competence obtained by students.

## 7. References

1. Boon, S. and Sinclair, C.: A World I Don't Inhabit: Disquiet and Identity in Second Life and Facebook. *Educational Media International* (46:2), 99 - 110 (2009).
2. Eberhardt, D. M.: Facing up to facebook. *About Campus*, 12 (4), 18–26 (2007)
3. De Villiers, R.: Academic Use of a Group on Facebook, in *Proceedings of InSITE Conference*, Informing Science Press, Bari and Cassino, Italy, pp. 173-190. (2010)
4. Quora, <http://www.quora.com/>
5. Ermalai, Iasmina and De la Rosa, Josep.: Analysis of the benefits of collective learning through question answering. In: 4th International CSEDU 2012. Portugal (2012)
6. Leh, A. S.: Computer-Mediated Communication and Social Presence in a Distance Learning Environment. *International J. of Educat. Telecommunic.*, 7(2). 109–128 (2001)
7. Chen, N., Kinshuk, Wei, C., Wang, M.: A Framework for Social Presence in Synchronous Cyber Classrooms. In: *Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies 2009*, pp.40-44, 15-17. IEEE Press, New York (2009)
8. Manning, C. D., Raghavan, P., Schütze.: *Introduction to information Retrieval*. Cambridge University Press. pp. 121 (2008)
9. Rodrigues, J., Sabino, F., Zhou, L.: Enhancing e-learning experience with online social networks. *IET Commun.*, 5 (8), 1147–1154 (2011)
10. Connole, G., Culver, J.: The design of Cloudworks: Applying social networking practice to foster the exchange of learning and teaching ideas and designs. *Computers & Education* 54. 679–692 (2010)
11. Palfreyman, D.: Social context and resources for language learning. *System* 34(3) 352-370 (2006)
12. Garton, L., Haythornthwaite, C., Wellman, B.: Studying online social networks. *Journal of Computer Mediated Communication* 3 (1). (1997)
13. Borgatti, S., Cross, R.: A relational view of information seeking and learning in social networks. *Management Science* 49, 432–445. (2003)
14. Neji M and Ben Ammar M.: Agent-based Collaborative Affective e-Learning Framework. *The Electronic Journal of e-Learning.*, 5(2), 123-134. (2007)
15. Traud, Amanda, Mucha, P., Porter, M. "Social structure of Facebook networks". In press. *Physica A - Statistical Mechanics and its Applications*. (2011)

# La paz en el ethos de la universidad

Manuel José Jiménez Rodríguez<sup>1</sup>.

Recibido:  
Febrero 20 de 2012

Aceptado:  
Mayo 25 de 2012

## Resumen

*La UNESCO, la sociedad en general y el mismo sistema educativo en su conjunto y niveles, reconocen en la educación un gran aporte a la cultura de paz. La universidad, dentro del sistema de educación superior, no es ajena a estos llamados de educar para la paz. Tanto los encuentros mundiales, como estudios recientes de la situación actual y futura de la universidad, son ejemplos de dicha preocupación.*

*En este estudio se quiere mostrar las distintas maneras como la paz puede hacerse presente en la universidad, buscando señalar algo que alguien dijo acerca de la universidad católica, pero que cabe, y debe ser algo propio, de toda universidad por el hecho mismo de ser universidad. Lo dicho fue: “La paz se encuentra en el corazón de la universidad”*

**Palabras clave:** *Universidad, paz, educación para la paz, cultura académica, cultura de paz, reforma de mentalidades.*

## Abstract

*UNESCO, society in general and the same educational system in its entirety and levels, recognize a great contribution to the culture of peace in education. The University, within the system of higher education, is no stranger to these so-called of educating for peace. Both global events, and recent studies of the current situation and future of the University, are examples of such concern.*

*This study wants to show the different ways as peace can become present in the University, looking for point out something that someone said about the Catholic University, but that should be, and must be something own of all University by the very fact of being University. What was said was: “peace is located in the heart of the University”*

**Keywords:** *University, peace, education for peace, culture, academic, culture of peace, reform of mentalities*

<sup>1</sup>Doctor en teología y pedagogía religiosa de la Pontificia Universidad Salesiana de Roma. Posdoctorado con la Red CLACSO y el CINDE de Manizales. Investigador y miembro del equipo pedagógico nacional de la Corporación Observatorio para la paz de la ciudad de Bogotá, Colombia. El presente estudio hace parte de una investigación realizada dentro del posdoctorado EN Investigación en Ciencias Sociales, Niñez y Juventud, ofrecido por Centro de Estudios Avanzados en Niñez y Juventud de la alianza CINDE - Universidad de Manizales - Colombia y la Pontificia Universidade Católica de São Paulo - Brasil, con el aval del Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales - CLACSO.

## Introducción

La UNESCO, la sociedad en general y el mismo sistema educativo en su conjunto y niveles, reconocen en la educación un gran aporte a la cultura de paz. Basta a este respecto ver varios pronunciamientos de la UNESCO, desde sus propios preámbulos, para darse cuenta que la relación estrecha entre educación y paz es asunto de primer orden de cara a la transformación de la sociedad y de los mismos seres humanos.

La universidad, dentro del sistema de educación superior, no es ajena a estos llamados de educar para la paz. Tanto los encuentros mundiales, como estudios recientes de la situación actual y futura de la universidad, son ejemplos de dicha preocupación. Con todo y la importancia señalada, no faltan estudios que hacen ver otra cara de la moneda. Distintas instituciones, ámbitos escolares, medios de comunicación y familia, socializan hoy a los seres humanos en una mentalidad militarista que en la misma paz. Mentalidad desde la cual se acepta la violencia como algo natural y necesario, y se generan cantidad de miradas sobre la vida y el otro desde lógicas violentas y no de paz.

El reto educativo es doble. Por un lado educar en paz y sus valores, y por otro transformar dicha mentalidad militarista tan común y hasta más arraigada que la misma paz.

Para el caso de la universidad, la relación con la paz suele ser abordada desde distintas perspectivas, que son complementarias, pero que en muchos casos y en la práctica se le da más importancia a una sobre otras, como suele ser el darle más realce a los estudios e investigaciones que sobre la paz, la violencia y la guerra se hacen en la universidad y

algunos centros de estudios, que la misma cultura o ambiente de paz que es propio de la universidad y de su ethos académico.

En este estudio se busca señalar algo que alguien dijo acerca de la universidad católica, pero que cabe, y debe ser algo propio, de toda universidad por el hecho mismo de ser universidad. Lo dicho fue: "La paz se encuentra en el corazón de la universidad".<sup>2</sup>

Propósito de este breve estudio es llegar a descubrir la paz en el corazón de la universidad. Paz que no puede ser reducida a una de sus muchas concepciones, sino que las abarca cada una de ellas, especialmente las relacionadas con la paz negativa (la contraria a la guerra y a la violencia directa), la paz positiva (la opuesta a la violencia estructural), la paz como cultura (la que tiene que ver con las representaciones y cosmovisiones) y la cultura de paz en los términos señalados por la UNESCO en sus distintos estudios. Es decir, la que guarda relación estrecha con los derechos humanos, el desarrollo, la democracia, la ciudadanía, el problema ecológico y la cuestión de género.

*La paz en la universidad: distintas relaciones y posibilidades.*

En un breve capítulo de un libro dedicado al estudio de la educación para la paz, el estudioso español Alfonso Fernández Herrería, analiza dos sentidos que puede tomar la educación para la paz en la universidad.<sup>3</sup> Uno, entendiendo la educación para la paz como materia o asignatura, relacionada con materias o con facultades cercanas a las temáticas de la paz. Dos, entendiéndola como educación en paz, es decir, como elemento fundamental y común a todo el hecho educativo en su conjunto y, por lo tanto, a toda asignatura.

La segunda forma, la llama este autor educación para la paz como forma o

<sup>2</sup>Guy-Réal THIVIERGE, *Au coeur de l'université catholique: L'éducation à la paix*, en "Seminarium" ¾ (2001) 797 – 824.

<sup>3</sup>Alfonso FERNÁNDEZ HERRERÍA, *La educación para la paz en la universidad*, en Javier Rodríguez Alcázar (editor), *Cultivar la paz. Perspectivas desde la universidad de Granada*, Universidad de Granada, Granada 2000.

## La paz en el ethos de la universidad

estructura. En este caso, la paz y sus valores se hacen presentes en todo el sistema educativo. La educación en los valores de la paz debe desarrollarse en la forma de hacer educación. En otras palabras, en educación en paz debe haber coherencia entre los medios y los fines. De modo tal que no puede decirse que se educa *en, desde y para* la paz con medios que sean totalmente contrarios a la paz y sus valores.

Otras dos formas de entender la paz en la universidad la ofrece el filósofo Angelo Papacchini.<sup>4</sup> Uno, es la que puede llamarse estudios de la paz desde y en la universidad.<sup>5</sup>

Que para el caso colombiano es un asunto emblemático y de primer orden como lo muestran algunos congresos sobre universidad y paz.<sup>6</sup>

Dos, es la paz presente en el ethos académico y sus valores. Para este autor la universidad y su ethos o cultura académica que la caracteriza es un ejemplo para la sociedad en cuanto al manejo no violento de los conflictos. De modo tal que dicho ethos es más cercano a la paz, sus valores y sus lógicas, que a los de la violencia y la guerra.

Y una última forma de ver la relación paz – universidad guarda relación con la pertinencia y la responsabilidad social de la universidad,<sup>7</sup>

<sup>4</sup>Ángelo PAPANICHINI, *Universidad, guerra y paz*, en Carmen Lucía DIAZ – Claudia MOSQUERA – Fabio FAJARDO (Compiladores), *La universidad piensa la paz: obstáculos y posibilidades*, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá 2002, 15-49.

<sup>5</sup>Puede decirse que en Colombia se han dado diversas modalidades de asumir la universidad su compromiso frente al conflicto armado interno y la paz. Modalidades que también pueden ser reconocidas por universidades en otros contextos distintos al colombiano, pero también con situación de conflicto interno, de acuerdo con una investigación llevada a cabo por la universidad Jorge Tadeo Lozano de Bogotá Colombia. Según dicha investigación, las modalidades son las siguientes. Primero, desde un sentido de Responsabilidad Social tradicional, labores de investigación, docencia y extensión orientadas a la construcción de paz. Se encuentran acciones de carácter preventivo dirigidas a prevenir situaciones de conflicto y violencia a través de difusión de información en seminarios, foros y cátedras en cultura de paz, que se conciben también como espacios de discusión y reflexión sobre el posconflicto. También se encuentran las actividades de carácter curricular que tienen por objeto formar no sólo a la población estudiantil, sino a diversos sectores de la sociedad en temas concernientes a la situación de conflicto como el marco jurídico y político de los acuerdos de paz, los derechos humanos, y las experiencias internacionales significativas en construcción de paz, entre otros. Para el caso particular de las acciones preventivas se puede señalar también la función que cumplen los centros de investigación, cuya función es la de pensar y analizar desde una perspectiva académica y del conocimiento las raíces estructurales del conflicto y las posibles salidas al mismo. Segundo, desde una concepción de Responsabilidad social orientada a la resolución pacífica del conflicto armado, acciones de naturaleza paliativa, orientadas a manejar la situación de conflicto, mediante la búsqueda de salidas o caminos posibles al mismo. Dentro de este grupo de acciones puede ser clasificados los esfuerzos de las universidades encaminados a “acercar” a las partes en conflicto a través de una mediación, facilitación, buenos oficios y el arbitramento, o los esfuerzos de la institución cuando ésta se declara “agente de paz” y al campus universitario un espacio neutral en el conflicto. Tercero, desde una comprensión de responsabilidad social orientada a promover las condiciones pacíficas de existencia de la población durante el conflicto o a garantizar la sostenibilidad de las condiciones de existencia de la población en el posconflicto. Es posible encontrar acciones de tipo restaurativo: iniciativas que se crean con el propósito de contribuir a “sanar” las heridas o secuelas del conflicto y en términos más amplios a reconstruir el tejido social a través de acciones que busquen la reconciliación no sólo entre los actores en conflicto sino entre víctimas y victimarios. Dentro de estas iniciativas se encuentran también los proyectos enfocados a posibilitar una adecuada reinserción de los ex combatientes a la vida civil. (Cf. Mariana DELGADO BARÓN - Yaneth Angélica VARGAS PEDRA ZA – Ivonne RAMOS HENDEZ, Los retos de la responsabilidad social universitaria. Construyendo paz desde la universidad, en *Revista educación superior y sociedad*, Número 2, septiembre de 2008, 64 -91)

<sup>6</sup>A este respecto puede verse ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE UNIVERSIDADES (ASCUN), *La universidad y la paz. Consejo nacional de rectores 30 de septiembre – 1 de octubre, 1999*, ASCUN, Santafé de Bogotá 1999; ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE UNIVERSIDADES POR LA PAZ (ASCUN) – RED DE UNIVERSIDADES POR LA PAZ (REDEUNIPAZ), *Primer congreso universitario por la paz, tomo I y II, Santa fe de Bogotá D.C. 12, 13 y 14 de mayo de 1999*, ASCUN, Santa fe de Bogotá D.C., 2000; INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL FOMENTO DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR (ICFES), *Memorias del Congreso Nacional de Educación Superior. Eje temático: proyecto nación. Reuniones realizadas el 1 de diciembre de 1999*, ICFES, Bogotá D.C 2000; Lucía DIAZ CARMEN – Claudia MOSQUERA - Fabio FAJARDO (Compiladores), *La universidad piensa la paz: obstáculos y posibilidades*, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C. 2002.

<sup>7</sup>La Responsabilidad Social es un nuevo modo de gestión de las organizaciones que se basa en estándares éticos internacionalmente reconocidos para la promoción de “buenas prácticas”, tanto en la administración interna de la organización (gestión laboral y medioambiental) como en su vínculo con la sociedad (gestión de la relación social). Es la disciplina ética que nos recuerda nuestros deberes no sólo para con nuestras acciones, sino para con el campo en el cual se desarrollan, ensanchando así nuestras obligaciones morales hacia el cuidado de todo el sistema: la sostenibilidad de toda la casa Tierra, con todos sus habitantes y todas sus sociedades humanas. Es ética, porque la ética que le corresponde a la Responsabilidad Social no es una ética personal que limita la responsabilidad a la pequeña esfera de los actos voluntarios del individuo. Es una ética social, coordinada y consensuada entre actores sociales para la solución de problemas sociales. Con todo ello, la meta de la responsabilidad social es la transformación de nuestro modo de existir en el planeta. Por ello concierne a todos en todo el mundo, porque promueve una gestión justa y sostenible de nuestra vida en el planeta. François Vallaëys define la responsabilidad social universitaria de la siguiente manera: Es una política de mejora continua de la Universidad hacia el cumplimiento efectivo de su misión social mediante cuatro procesos: Gestión ética y ambiental de la institución; Formación de ciudadanos responsables y solidarios; Producción y Difusión de conocimientos socialmente pertinentes; Participación social en promoción de un Desarrollo más humano y sostenible. La Responsabilidad Social Universitaria procura alinear los cuatro procesos universitarios básicos de Gestión, Formación, Investigación y Extensión con las demandas científicas, profesionales y educativas que buscan un desarrollo local y global más justo y sostenible. François VALLAEYS, *Responsabilidad social empresarial*, en <http://www.iesalc.unesco.org.ve/>; François VALLAEYS, *Responsabilidad social universitaria: una nueva filosofía de gestión ética e inteligente para las universidades*, en “*Revista educación superior y sociedad*”, Número 2, septiembre de 2008, 191-220.

en las actuales sociedades globalizadas, del conocimiento y de amplia injusticia social y violencia.

Para algunos estudiosos, como Cristina De La Cruz Ayuso y Perú Sasía Santos, lo que no apunte a una respuesta concreta sobre la responsabilidad de la Universidad en un contexto de injusticia, desigualdad, inequidad, conflicto y exclusión, es un falso debate y una débil aproximación a la responsabilidad de las universidades con la sociedad.<sup>8</sup> De modo tal, que la universidad no sólo es responsable frente a sí misma, lo es también frente a la sociedad. Es responsable no sólo de quienes acuden a sus aulas o se forman en ella, o trabajan en ella como docentes o como administrativos. No se trata solamente de que la Universidad deje de ser ella misma también un agente de exclusión, sino que también se convierta en un agente de transformación de nuestras sociedades, una organización efectivamente comprometida en la tarea de hacer retroceder las fronteras de la injusticia.<sup>9</sup>

En los párrafos que siguen no se abordan estos múltiples sentidos y presencias de la paz en la universidad, sino sólo el que guarda relación con su cultura académica o ethos cultural. Aunque no se toque, no se puede olvidar que lo dicho aquí debe leerse al interior del actual contexto de la universidad y su necesaria modernización hoy, de modo que sea más pertinente en y para las actuales sociedades globalizadas y del conocimiento, con el riesgo de reducir la universidad, su pertinencia y responsabilidad social a las lógicas del mercado.

### *El ethos académico de la universidad y la paz*

La participación de la universidad en estos

procesos de transformaciones sociales, lo hace desde aquello que le es propio, es decir, como universidad, no como partido político o como cualquier otra institución social, en donde el factor primordial es el conocimiento. Pero no cualquier tipo de conocimiento, sino un conocimiento crítico. Es colocar su acervo de conocimientos al servicio de los trabajos e investigaciones que requiere el país para resolver sus tan graves problemas estructurales y coyunturales.

La universidad actúa así sobre la sociedad desde su propio "Ethos cultural", que es lo académico, atravesado a su vez por las misiones tradicionales de la universidad, a saber: la enseñanza (docencia, formación), la investigación y la extensión. También implica participar y educar desde los valores propios de su "ethos cultural y académico", como son el pluralismo de ideas, la controversia intelectual, la discusión pacífica, la diversidad y la divergencia, la participación democrática. Valores todos lejanos a las lógicas de violencia y más bien acordes a la paz y sus lógicas. El Ethos universitario es así radicalmente opuesto al sectarismo, a la exclusión, a la exacerbación de los mecanismos de fuerza para obtener el poder. Sus valores son los de la formación por el razonamiento y la argumentación, la diversidad de opiniones, la solidaridad y la aceptación de la diferencia como riqueza. A este respecto afirma Angelo Papacchini: "La universidad tiene que enfrentar los problemas concretos de su tiempo y del contexto específico en el que se inscribe, pero con sus herramientas más peculiares: el conocimiento, la investigación científica, la crítica y un ethos sustentado en el dialogo y en el poder de la palabra, la autonomía, el juicio imparcial y el compromiso solidario con la dignidad de todo ser humano".<sup>10</sup>

<sup>8</sup>Cristina DE LA CRUZ AYUSO - Perú SASÍA SANTOS, La responsabilidad de la universidad en el proyecto de construcción de una sociedad, en "Revista educación superior y sociedad", Número 2, septiembre de 2008, 17- 52.

<sup>9</sup>Para estos estudiosos, es responsabilidad de la universidad la promoción de la justicia social, es decir, la transformación de las estructuras de injusticia y desigualdad de nuestras sociedades a partir de los ámbitos de actividad que le son propios. Lo cual implica poner la docencia, la investigación y la proyección social al servicio de la justicia social. De ahí que se pregunten acerca del ser y del quehacer de la universidad hoy: "¿basta con que la universidad responda a una sociedad – no lo olvidemos que sigue excluyendo? ¿Quién decide, y en base a qué criterios, que es aquello a lo que una universidad debe responder? ¿Cabe acaso pensar que la universidad es responsable de orientar esa respuesta no solamente para que intervenga en la sociedad, sino para que la transforme?"

<sup>10</sup>Ángelo PAPANACCHINI, Universidad, guerra y paz 17.

La tarea de la universidad de “pensar la paz” desde su propio “ethos”, exige también una “reconversión” o transformación de la universidad en su cultura organizacional académica a la paz y sus lógicas. Es decir, que la responsabilidad de la universidad frente a la transformación del país y la paz pide de ella su transformación institucional. La paz pide de la universidad un repensamiento de la sociedad desde las lógicas de la paz y exige, al mismo tiempo, un repensamiento de la universidad en sí misma, en sus procesos institucionales, organizacionales y académicos.

Se trata de que la paz y sus valores inspiren los criterios de organización de la universidad y su “*ethos*” académico.<sup>11</sup> De este modo la universidad, nuevamente lo señala Angelo Papacchini, ofrece a toda la sociedad un ejemplo de comunidad abierta y dinámica, en la que no se nieguen o repriman los conflictos, sino que se canalicen de acuerdo con principios mínimos de convivencia.

Todo lo dicho permite concluir que la paz pertenece a la entraña misma de la universidad. La universidad por ser universidad es el lugar por excelencia del pluralismo, del dialogo, de la convivencia, de la mirada crítica y analítica sobre la realidad. Tiene como misión primordial la formación integral del ser humano, dentro de la cual se comprende su formación profesional y académica. La paz y su educación, afirma Guy-Réal Thivierge, están en el corazón mismo de toda universidad. A través de la enseñanza, del debate, la investigación, el diálogo, la universidad educa a la paz. Ella educa a la paz en el ejercicio de todas sus funciones: culturales, sociales,

políticas<sup>12</sup>. Ella es por excelencia ambiente donde se educa a la paz, o en palabras de Angelo Papacchini “espacio y taller de paz”.

### *La cultura de paz y los valores de la cultura académica*

Desde la racionalidad comunicativa la universidad es vista no sólo como institución sino también como una comunidad sui generis, en la que sus miembros han de buscar relacionarse entre sí, con el saber y con su sociedad. Se trata de una racionalidad que permite comprender la educación no sólo como una acción orientada al éxito, sino ante todo al entendimiento. Pero no cualquier tipo de entendimiento, sino al entendimiento sobre bases racionales, o sea, mediante un trabajo reflexivo en común, en donde la ambigüedad y el conflicto son dimensiones centrales de la vida académica y cultura académica.

La cultura académica universitaria posee una serie de valores propios, que son sus valores académicos. Que si bien son comunes a todos los subgrupos sociales, según el rector de la universidad de Sao Paulo Jacques Marcovich, “en la institución académica constituyen un bagaje esencial para el buen cumplimiento de su misión”. Y estos son, en su pensamiento, los siguientes: pluralismo, universalismo, solidaridad ética y excelencia.<sup>13</sup>

El pluralismo es el valor específico de la institución académica. En la universidad, la libre circulación de las ideas es su propia razón de ser. Han de transitar en ella las más diversas y variadas corrientes de opinión. La búsqueda del saber exige esa continua apreciación desde

<sup>11</sup>XesusJares es quizás uno de los autores contemporáneos que más ha estudiado todo lo relacionado con la educación para la paz. Uno de sus escritos tiene como centro de análisis la relación entre educación para la paz y organización escolar. Hacemos referencia a esto pues nos permite comprender la importancia de superar una concepción muy reducida de educación para la paz vista solo como información, y entenderla de un modo más íntegro e integral, que es la propuesta que esta detrás de toda la concepción de Angelo Papacchini y de muchos otros autores contemporáneos. Una pregunta atraviesa todo su estudio: ¿Los objetivos, organización, relaciones y actitudes presentes en la escuela, refuerzan o socavan los objetivos y enfoques propios de la educación para la paz?. De ahí la insistencia que haga acerca de la inevitable relación entre educación para la paz y organización de los centros escolares, pues no puede haber incoherencia entre los medios y los fines. Esto lo lleva a afirmar que la escuela (la universidad) no sólo educa para la paz, sino que también educa sobre la paz y en paz. Se trata así de superar los valores de competitividad y de lógica de guerra que rigen el sistema educativo actual. (Cf Xesus JARES, *Educación para la paz y organización escolar*, en Alfonso FERNÁNDEZ HERRERÍA (editor), *Educación para la paz: nuevas propuestas*, Universidad de Granada, Granada 1994, 285 – 316.)

<sup>12</sup>Guy-Réal THIVIERGE, *Au coeur de l'université catholique: L'éducation a la paix*, en “Seminarium” ¾ (2001) 797 – 824.

<sup>13</sup>Jacques MARCOVICH, *La universidad (im)posible*, Cambridge University Press – Organización de Estados Americanos (OEA), Madrid 2002, 29.

todos los ángulos, en todas las cuestiones. “El pluralismo, abrigando tendencias dispares, no presupone en absoluto un pozo de contradicciones. La pasión intelectual es el hilo invisible que los une a todos. El respeto por las convicciones ajenas prevalece en cualquier circunstancia, incluso en el más agudo conflicto de ideas”.<sup>14</sup>

Profundizando en el *ethos académico*, el filósofo colombiano Guillermo Hoyos, también reconoce en el pluralismo un valor clave y fundamental en la universidad. Y entiende por éste una universidad que no se resiste a las confrontaciones radicales de formas de vida y de pensamiento casi incompatibles. Ella es un espacio apto para la divergencia de pensamiento, de conductas, de estilo de vida y de estilos científicos. La universidad es así lugar del desacuerdo obligado y su responsabilidad central es iniciar a los estudiantes al conflicto. A la vez debe animar la controversia con otros pares rivales: así se podrá ver lo que está equivocado en ellos desde nuestro punto de vista, como lo que está equivocado en el nuestro desde las objeciones de los oponentes. Esto significa, subraya citando a MacIntyre, que es tarea prioritaria de la universidad asegurar que las voces rivales no sean suprimidas, que ella no sea una arena neutral de objetividad, sino más bien arena de conflicto en la que se otorgara reconocimiento al tipo más fundamental de desacuerdo moral y filosófico.<sup>15</sup>

En la regulación pacífica de sus conflictos académicos, la universidad ha de presentarse ante la sociedad como ejemplo de respeto y tolerancia, tal como lo afirma el filósofo Angelo Papachini al hablar en un congreso sobre la universidad y la paz: “Creo que la universidad debería ofrecer un ejemplo de comunidad abierta y dinámica, en la que no se nieguen o repriman los conflictos, sino

que se canalicen de acuerdo con principios mínimos de convivencia. En últimas, la universidad debería desempeñar una función crítica de lo que es, pero también empezar a materializar algo lo que debe ser; y mostrar que la convivencia pacífica sustentada en el respeto es algo más que una utopía lejana y puede encontrar lugar en nuestra realidad. El espacio universitario debería así funcionar como un auténtico taller de relaciones no libres de conflictos, pero orientadas por valores como la dignidad, el respeto y la solidaridad, que deberían inspirar por igual las prácticas pedagógicas, el trabajo investigativo y la convivencia entre los diferentes estamentos de la universidad (...). La universidad debería ofrecerle a la sociedad en general un ejemplo de controversias y disputas limpias entre sujetos y grupos que difieren en cuanto a principios, cosmovisiones y paradigmas científicos, y sin embargo comparten normas mínimas en cuanto al juego limpio y a la igual oportunidad para todos de argumentar y luchar para defender un enfoque epistemológico, ético o científico consolidado a través de años de investigación y docencia; debería ofrecer el ejemplo de sujetos dispuestos no solamente a tolerar, sino a interesarse activamente por posturas diferentes”.<sup>16</sup>

La universidad es así lugar en donde se ejerce la auténtica democracia y educadora de la democracia. Y lo es porque la racionalidad comunicativa es el factor determinante de todo proceso educativo, especialmente el universitario. Por su apelación constante al diálogo y a la discusión racional y porque en ellas las diferencias no se resuelven por la vía de la violencia. Esta no es una tarea que le sea impuesta o que ella misma se exija a cumplir: le basta con hacer bien lo que tiene que hacer para que, sin proponérselo expresamente, contribuya a la democracia.

<sup>14</sup>Jacques MARCOVICH, La universidad (im)posible 29.

<sup>15</sup>Guillermo HOYOS, El ethos de la universidad, en “Revista UIS-Humanidades 1 (1998) 13 – 23.

<sup>16</sup>Ángelo PAPANICHINI, Universidad, guerra y paz, en Carmen Lucia DIAZ – Claudia MOSQUERA – Fabio FAJARDO (Compiladores), La universidad piensa la paz: obstáculos y posibilidades, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá 2002, 41.

La universidad es un lugar democrático por excelencia, en donde en su práctica pedagógica en los campos de la docencia, la investigación y la extensión, así como en su forma de organización y administración, han de primar los valores del respeto a las diferencias, el diálogo, la tolerancia, el compromiso social, las soluciones razonadas, la participación, entre muchos otros. Todos ellos, en contra de la violencia, la imposición y la mentira.

Por ser plural, en la universidad ha de regir también el valor de la solidaridad social. La solidaridad característica de la cultura académica es la propia de las sociedades modernas, es decir, aquella que desarrolla y tolera cantidad y variedad de interpretaciones heterogéneas. En este sentido la universidad ha de multiplicar las lecturas y afinarlas mediante la crítica y la contrastación. La universidad apoya los procesos de modernización de las sociedades, responde a los valores fundamentales de la globalización (pluralismo y diversidad) y apoya el cambio en los principios de solidaridad, que deja de ser “mecánica” (basada en credos e interpretaciones compartidas) y pasa a ser “orgánica” acompañada por la proliferación de credos, la proliferación de posibilidades de lectura.

Como complemento y cierre a esta amplia relación entre los valores de la cultura de paz y los de la cultura académica aplicados a la universidad, vale la pena traer a colación a uno de los estudiosos de la educación en América Latina, el pedagogo brasileño Paulo Freire. Quien en un pequeño estudio, si bien resalta los valores que él considera que son característicos de la universidad católica posmodernamente progresista, afirma que dichos valores son propios de toda universidad, no sólo de la católica en particular.<sup>17</sup>

En primer lugar, señala la tolerancia. Y la define como la virtud cuya práctica nos enseña a convivir con lo diferente, sin que

eso signifique que los diferentes desistan de continuar defendiendo sus posiciones. La tolerancia significa, palabras suyas, únicamente que los diferentes tienen derecho a seguir siendo diferentes y de aprender de sus diferencias. La tolerancia no pretende negar ni tampoco esconder los posibles conflictos entre los diferentes, ni por otro lado desconocer que hay diferentes que son más que diferentes porque son antagónicos entre sí. Lo que la tolerancia pretende es la convivencia posible, respetadas las diferencias de los que conviven.

De modo que, una universidad, subraya Freire, es más democrática cuanto más tolerante es, cuanto más se abre a la comprensión de los diferentes, cuanto más se torna en objeto de la comprensión de los demás. Pues es la tolerancia en su forma descrita, la que debe informar las distintas tareas de la universidad, la docencia, la investigación, la extensión; las relaciones entre las facultades, las relaciones entre los distintos departamentos y programas, así como entre las personas.

La segunda virtud o valor es la humildad. La tolerancia, piensa Freire, es imposible sin la humildad. La humildad es todo lo contrario a sobreestimar o a subestimar al otro. Por eso, es contraria a la arrogancia, que acompaña más bien la intolerancia.

La tercera, consiste no sólo en manifestar sino vivir la permanente búsqueda de la pasión por la curiosidad. No se trata, de la curiosidad “desarmada”, sino de la curiosidad metódica, exigente, epistemológica, que va muy unida al proceso de des-ocultamiento de la verdad. Tareas que además, no han de ser intolerantes. Como lo afirma Freire: “Me siento satisfecho en mi misión de educador cuando, peleando para convencer a los educandos de lo acertado de mi des-ocultación, me vuelvo yo mismo transparente al revelar, primero, mi respeto por el posible rechazo de los educandos a mi discurso, y segundo mi respeto por su anti-

<sup>17</sup>Paulo FREIRE, *Política y educación*, Siglo Veintiuno editores, Buenos Aires 1996, 122-132.

verdad, con la cual me niego a convivir: Me siento satisfecho en mi misión de educador, por último, cuando revelo mi tolerancia frente a los que son diferentes de mí. Por el contrario, desmerezo de mi misión de educador y ante mí mismo si, en nombre del respeto a los educandos, callo mis posiciones políticas y mis sueños, o si pretendo, en nombre de mi autoridad de educador, imponerles mis criterios de verdad”.<sup>18</sup>

### *“La paz en el corazón de la universidad”*

Este apartado de algún modo puede ser considerado un apartado “síntesis”, ya que permite ahondar en una afirmación que hasta ahora se ha hecho expresa de un modo muy general: “la paz se encuentra en el corazón de la universidad”. Y es “síntesis” por varias razones. Porque va a permitir poner en dialogo algunos aspectos que sobre la universidad se han dicho en apartados anteriores, a saber: el aporte de la universidad a la construcción de una globalización de rostro humano y solidario, la pertinencia social de la universidad y su función de ser conciencia crítica de la sociedad, el papel de la universidad en Colombia frente al conflicto interno armado y la paz, la “racionalidad” (razón, saber y conocimiento) como factor estructurante del “secreto” de la universidad, y los valores del “ethos académico” de la universidad como valores propios de la cultura de paz.

Todo lo anterior exige superar la lógica de mercado y su racionalidad tecnocrática en el modo de concebir la misión, uso y funciones de la universidad. Desplazando de este modo su peso y eficiencia social. La universidad pierde así y se aleja de su misión de ser portadora de una función crítica del orden establecido, función que desde la teoría es señalada y defendida por los distintos foros de educación superior y universidad, como los de París y la Habana. Lo que conllevaría a que se pierda la posibilidad de que en la universidad

tengan acceso los otros “muchos modos de conocer” y así deje de lado su función de crítica y construcción de un futuro alternativo y diferente para la humanidad.

Para evitar el riesgo de pensar que todas las tareas relacionadas con la paz y la transformación de las sociedades sean consideradas como algo accesorio, marginal y añadido, se hace necesario pensarlas desde el “secreto” de la universidad”, su deber primordial, ligado al conocimiento y la racionalidad comunicativa. De ahí, recordando lo dicho en su momento, que el aporte de la universidad a la sociedad, al estado, a la cultura, a la transformación de la globalización, al desarrollo justo, desde su cultura académica es la racionalidad, tal como lo subraya el pensador colombiano Antanas Mockus.

En donde racional, según el parecer de Mockus, quiere decir basado precisamente en la acción comunicativa discursiva, en la tradición escrita y en la elaboración de lo que se ha aprendido en los intentos previos de reorientar o reorganizar acciones semejantes. Donde racional significa huir de los dogmatismos, de las posiciones radicalmente subjetivas y autoritarias sin más fundamento que el “porque así lo pienso” yo, y asumir opiniones personales razonadas y razonables frente a los problemas de la sociedad o comunidad de la que hace parte, gracias a la cultura y al conocimiento adquirido en la universidad.<sup>19</sup>

Pensada así, la universidad es un tipo particular de microsociedad en la que es posible, mediante el recurso a la acción comunicativa discursiva, evaluar racionalmente argumentos y cuestionar toda pretensión a la verdad, sin que por ello se rompa la comunicación ni se termine la cooperación entre sus miembros. De este, afirma Mockus, alguien realmente formado

<sup>18</sup>Ibid131.

<sup>19</sup>Antanas MOCKUS SIVICKAS, Fundamentos teóricos para una reforma de la universidad, en ESCUELA SUPERIOR DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA, Reflexiones sobre el sentido de la universidad, ESAP, Bogotá 1992, 97 – 125..

en la cultura académica es alguien que se convierte en una especie de “racionalizador”, en alguien que no se conforma, es alguien que ha sido sacado de la evidencia de lo inmediato, de lo acostumbrado; que se ha abierto a la posibilidad de preguntar: ¿por qué siempre ha sido así? ¿Cómo podría ser de otro modo? Es alguien que hace posible y obligatoria la exploración de alternativas.

Claro que se habla una racionalidad amplia y abierta, más allá de la racionalidad positivista que reduce la ciencia al método empírico positivo, que solo llega a aceptar como existente lo que es comprobable por la ciencia positiva. Y la universidad construye la paz desde esa razón.

Para comprender lo dicho se hace necesario tener claro los cambios producidos tanto en los conceptos de paz y de razón a lo largo de la historia, y a la par de estos la comprensión de la misión de la universidad.<sup>20</sup> Por ejemplo, en la Edad media, la idea de paz se encuentra conectada con la idea de concordia. La paz se concibe como armonía, particularmente entre las personas, pero también es armonía del alma, armonía interior. Desde esta tradición se pensaba también que la unidad de criterios desde la razón como unidad y armonía de voluntades, se comprende como condición indispensable de la convivencia armoniosa, es decir, de la paz. En este contexto la paz, como armonía de voluntades, se pensó en función del acuerdo de las mentes, y el acuerdo de las mentes era posible en función de la existencia de las verdades eternas, manifiestas tanto en la naturaleza como en las Sagradas Escrituras. Y la enseñanza de esas verdades eternas fue la misión de la universidad.

En la época moderna, paz, razón y universidad se piensan de modo distinto. Diferencia que surge del cambio de paradigma frente al mundo, el ser humano y la ciencia

propia de esta época, en la cual se propone una nueva base de la razón: la ciencia positivista. Los modernos de este modo rechazaron la identificación de la razón con el orden moral, esto es, con el estudio de las virtudes y las costumbres. A la universidad le corresponde más que nada la producción y difusión del conocimiento científico.

Uno de los mayores representantes y clásicos del pensamiento moderno es Kant, quien intenta elaborar una síntesis de la ciencia con la moral. Con aquella síntesis pudo elaborar un proyecto de paz sin suponer la armonía y la caridad universal. Fue más bien un proyecto de paz de un orden jurídico universal, teniendo como base el respeto de los derechos de todos. La paz no es un ningún estado natural, tiene que ser instituida. Es decir, hay que establecerla como institución, elaborar y respetar su normatividad. Y ello es porque la paz es, es el reino de la ley. Y construir tal realidad es establecer su fuerza moral.

Hay que aclarar, que el pensamiento de Kant puede conducir a quienes pretenden que la universidad aporte a la construcción de la paz hacia una contradicción. Especialmente si desde el rigor académico que brota de esta concepción, se piensa que la universidad y su razón solo puede estudiar la naturaleza y no lo que proviene de la fuerza moral. “Esto pasa en la medida en que la universidad se define como institución dedicada a la razón, y el modelo de la razón deriva de la investigación de la naturaleza, de lo natural. Si además, saber es entender las leyes naturales, y si la construcción de la paz es instituir leyes cuya fuerza sea, en principio, no natural, entonces la universidad no se presta a la construcción de la paz”.<sup>21</sup>

Aparece claro, en orden a evitar la anterior contradicción, que se hace necesario superar

<sup>20</sup>En este apartado seguimos particularmente a Richards HOWARD, *La universidad y la construcción de la paz*, en Susy BERMUDEZ (Editora), *Estrategias y experiencias para la construcción de la paz. Memorias. Primer encuentro interuniversitario organizado por el Programa de la Universidad de los Andes para la paz – ANPAZ – entre el 24 y el 26 de mayo de 1995*, en Santafé de Bogotá, Colombia, Corcas, Bogotá 1996, 177-200.

<sup>21</sup>Ibid179.

el pensamiento moderno, cuya forma clásica es el pensamiento de Kant. Y de hecho es algo que se está superando desde el momento que se niega, desde las nuevas epistemologías, la posibilidad de verdades eternas y de principios eternos y universales sobre los cuales fundar la paz. Se precisa, por lo dicho, una nueva razón, un nuevo acercamiento a la tarea de construir la paz, y una nueva visión de la tarea universitaria. La visión universitaria nueva debe reconocer que el progreso moral siendo necesario, siendo difícil, no depende principalmente de los hallazgos científicos que se pueden realizar en los laboratorios y en las bibliotecas de los campus. Algo si tiene que ver con esos hallazgos. Principalmente, sin embargo, el progreso moral requiere un trabajo de construcción social; no un trabajo de construcción de conocimientos seguido por un trabajo de difusión de los mismos, lo que ha sido el modelo básico de la actividad tradicional universitaria. Y la construcción social, o lo que se debe mejor llama “ciencia constructiva”, define normas por diálogo y por acuerdo.

Lo que exige, al mismo tiempo, un acercamiento mutuo entre la educación popular y la educación universitaria. Porque, de hecho, la educación popular ya funciona con otro modelo de razón, el de la razón dialógica, que es el modelo de racionalidad que ha de caracterizar a la universidad del siglo XXI. Es un modelo que supera el modelo “extensionista”, según el cual el especialista sabe y el aprendiz no sabe, modelo cuyo justificativo último es que el especialista representa el saber, saber que él aprendió en la universidad, saber que sigue siendo producto de la razón aplicada a la investigación. Sin embargo, desde el momento que se considera que la paz existe, y que existe más allá de lo jurídico, de lo normativo, sino además en lo cotidiano, y que además tiene que ser construida, pues también es un hecho cultural, se ha de comprender que en la construcción de la paz, la universidad tiene que aprender

de la educación popular y de la racionalidad que allí se aplica: la razón dialógica, la razón comunicativa, que en la práctica pedagógica se conoce regularmente como “diálogo de saberes”. Pues la verdad, y por lo mismo lo es también la paz, es producto del dialogo, de la comunicación y de la interacción entre las personas.

Pero no solo eso. La universidad ha de aprender también de la educación popular, que la paz no solamente producto de la vida cotidiana, sino que también es experiencia de transformación, de cambio social, de búsqueda de la justicia.

La relación entre paz, razón y universidad, debe llevar a que en la universidad, se respete y valore otras formas de conocimiento científico, tales como el estético, el ético, el religioso, el educativo, el artístico y, fundamentalmente, la revaloración de los conocimientos subyugados u olvidados, como el conocimiento popular. Es un cambio en el modo de concebir el conocimiento humano, con el fin de evitar cualquier fragmentación o cualquier tipo de exclusión de las distintas formas de conocer. Lo que va producir, algo ya dicho acerca de la renovación y modernización de la universidad, la renovación de la relación entre las ciencias naturales y las ciencias sociales, en donde el reto para la universidad de este siglo es ir más allá de la simple coexistencia entre estas dos culturas y lograr una verdadera y auténtica comunicación y diálogo.

Todo lo anterior permite decir que la “razón constructiva”, en el sentido que la paz es tarea constructiva y la ciencia también ha de serlo, es el término que conecta hoy día paz, razón y universidad, desde el “secreto” de esta última. Pues “la paz no es un estado natural del ser humano, y por eso, hay que construirla. La universidad que aporta plenamente a la construcción de la paz se dedicará a la razón en un sentido amplio, no tan sólo a aquella razón que produce el conocimiento objetivo, sino también aquella razón que facilita la

<sup>22</sup>Ibid197.

concertación de los criterios y la acción mancomunada”.<sup>22</sup>

Dicha racionalidad abierta, plural, comunicativa y constructora que ha de caracterizar el “secreto de la universidad” hoy día, es igualmente la racionalidad propia de la paz, de la investigación para la paz y de la educación para la paz, por lo que paz y universidad se encuentran y se implican mutuamente. De hecho, si se acepta la teoría de Galtung acerca de que los estudios sobre la paz son ciencia social aplicada que comparte con otras ciencias a los seres humanos como seres sociales como objeto de estudio, si bien se centra en el descubrimiento y mecanismos de los conflictos, dicha ciencia como ciencia “trilateral”, pues pone en dialogo los hechos, las teorías y los valores, reconoce y hace suyas la pluralidad de racionalidades propias de los paradigmas epistemológicos de hoy. Por lo mismo es una ciencia que trasciende la noción positivista de ciencia, orientándose y favoreciendo más bien “la conjunción de todos los saberes”. Razón por la cual los estudios sobre la paz tienen un carácter interdisciplinario y transdisciplinario. Es decir, han de realizarse a partir de una concepción epistemológica integral, que valora tanto todas las racionalidades, como las formas de conocimiento presentes en todas las culturas, como las formas de conocimientos populares y comunitarios.<sup>23</sup>

## Conclusión

El pensar la relación paz y universidad desde su secreto, es decir la racionalidad, permite abordar los asuntos relacionados con la paz y su educación desde una perspectiva epistemológica y no solamente desde la ética, o peor aún, desde un moralismo o una educación meramente moralizante.

Epistemológicamente se trata, de evitar que la universidad eduque en una racionalidad funcionalista, esencialista y dogmática, tal como señala Alberto Parra en sus indagaciones sobre la paz real. Contraria, según el, a la racionalidad hermenéutica abierta al examen y a la interpretación.<sup>24</sup>

La primera es una racionalidad que alimenta la fragmentación del ser y del saber, el encerramiento en carreras y profesiones, el saber monológico y el supeditar el saber a las lógicas del mercado. En el ámbito de las personas, continua Parra, crea subjetividades e individualidades cerradas, solas, egoístas, narcisistas, incomunicadas, fragmentadas. En el ámbito social yuxtaposición de personas, la masa, el anonimato, la soledad, el impersonalismo y la inexistencia de horizontes comunes. En el modo de pensar y de conocer sus consecuencias son la negación del pensamiento libre, la subyugación del estudiante al docente, el mandamiento irracional del orden establecido, el despotismo.

Este tipo de racionalidad es una racionalidad neutra. En palabras de Parra, significa una racionalidad poco sensible, alejada de los intereses de la vida, academicista, distractora de la conciencia cívica y política.

Por el contrario, la racionalidad hermenéutica es interrelacional e intersubjetiva, creadora y potenciadora de visiones de conjunto, favorece la convergencia y la interacción de saberes, el acercamiento al otro, el establecimiento de comunidades de dialogo y de comunicación. Este tipo de racionalidad esta a la base del conocimiento para la convivencia y la justicia social.

Por todo ello, concluye Parra, y apoyados en palabra concluye este estudio, “la verdadera paz social se gesta en la academia”.

<sup>23</sup>Johan GALTUNG, Fundamentos de estudios sobre la paz”, en Ana RUBIO, Presupuestos teóricos y éticos sobre la paz. Seminario de la paz y los conflictos. Granada, Universidad de Granada 1993, 19.

<sup>24</sup>Alberto PARRA, Violencia total y paz real. Indagaciones teológicas, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá 2010.

## Referencias bibliográficas

Alberto PARRA, *Violencia total y paz real. Indagaciones teológicas*, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá 2010.

Alfonso FERNÁNDEZ HERRERÍA, *La educación para la paz en la universidad*, en Javier Rodríguez Alcázar (editor), *Cultivar la paz. Perspectivas desde la universidad de Granada*, Universidad de Granada, Granada 2000.

Ángelo PAPACCHINI, *Universidad, guerra y paz*, en Carmen Lucía DIAZ – Claudia MOSQUERA – Fabio FAJARDO (Compiladores), *La universidad piensa la paz: obstáculos y posibilidades*, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá 2002, 15-49.

Antanas MOCKUS, *Lugar de la pedagogía en la universidad*, en Universidad Nacional de Colombia, *Reforma académica. Documentos*, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá 1995, 9-24.

Antanas MOCKUS SIVICKAS, *Fundamentos teóricos para una reforma de la universidad*, en ESCUELA SUPERIOR DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA, *Reflexiones sobre el sentido de la universidad*, ESAP, Bogotá 1992, 97 – 125.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE UNIVERSIDADES (ASCUN), *La universidad y la paz. Consejo nacional de rectores 30 de septiembre – 1 de octubre, 1999*, ASCUN, Santafé de Bogotá 1999.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE UNIVERSIDADES POR LA PAZ (ASCUN) – RED DE UNIVERSIDADES POR LA PAZ (REDEUNIPAZ), *Primer congreso universitario por la paz, tomo I y II, Santa fe de Bogotá D.C. 12, 13 y 14 de mayo de 1999*, ASCUN, Santa fe de Bogotá D.C., 2000.

Cristina DE LA CRUZ AYUSO - Perú SASIA SANTOS, *La responsabilidad de la universidad en el proyecto de construcción de una sociedad*, en “*Revista educación superior y sociedad*”, Número 2, septiembre de 2008, 17- 52.

Francisco NAISHTAT – Francisco GARCIA RAGGIO - Ana María GARCIA RAGGIO – Susana VILLAVICENCIO (compiladores), *Filosofías de la universidad y conflicto de racionalidades*, Ediciones Colihue, Buenos Aires 2001.

François VALLAEYS, *Responsabilidad social universitaria: una nueva filosofía de gestión ética e inteligente para las universidades*, en “*Revista educación superior y sociedad*”, Número 2, septiembre de 2008, 191-220.

Guillermo HOYOS VASQUEZ, *La universidad como comunidad y como institución*, en ESCUELA SUPERIOR DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA, *Reflexiones sobre el sentido de la universidad*, ESAP, Bogotá 1992, 17 – 42.

Guillermo HOYOS, *El ethos de la universidad*, en “*Revista UIS-Humanidades* 1 (1998) 13 – 23.

Guy-Réal THIVIERGE, *Au coeur de l'université catholique: L'éducation à la paix*, en “*Seminarium*” 3/4 (2001) 797 – 824.

Jacques MARCOVICH, *La universidad (im)posible*, Cambridge University Press – Organización de Estados Americanos (OEA), Madrid 2002.

Johan GALTUNG, *Fundamentos de estudios sobre la paz*, en Ana RUBIO, *Presupuestos teóricos y éticos sobre la paz. Seminario de la paz y los conflictos*. Granada, Universidad de Granada 1993.

Lucía DIAZ CARMEN – Claudia MOSQUERA - Fabio FAJARDO (Compiladores), *La universidad piensa la paz: obstáculos*

y posibilidades, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C. 2002.

Mariana DELGADO BARÓN - Yaneth Angélica VARGAS PEDRAZA – Ivonne RAMOS HENDEZ, Los retos de la responsabilidad social universitaria. Construyendo paz desde la universidad, en Revista educación superior y sociedad”, Número 2, septiembre de 2008, 64 -91.

Maria Laura FERRARI, Pensare quello che facciamo. “Esercitare” ilpensiero per formare alla non-violenza, en “Encyclopaideia” 11 (2002) 65- 85.

Paulo FREIRE, Política y educación, Siglo Veintiuno editores, Buenos Aires 1996, 122-132.

Ricardo LUCIO A., la pedagogía y la didáctica en el quehacer universitario, en ESCUELA SUPERIOR DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA, Reflexiones sobre el sentido de la universidad, ESAP, Bogotá 1992, 77- 94.

Richards HOWARD, La universidad y la construcción de la paz, en Susy BERMUDEZ (Editora), Estrategias y experiencias para la construcción de la paz. Memorias. Primer encuentro interuniversitario organizado por el Programa de la Universidad de los Andes para la paz – ANPAZ – entre el 24 y el 26 de mayo de 1995, en Santafé de Bogotá, Colombia, Corcas, Bogotá 1996, 177-200.

Xesus JARES, Educación para la paz y organización escolar, en Alfonso FERNÁNDEZ HERRERÍA (editor), Educación para la paz: nuevas propuestas, Universidad de Granada, Granada 1994, 285 – 316

# Multi-agent Model for Evaluation of Learning Objects from Repository Federations - ELO-index

Valentina Tabares<sup>1</sup> | Paula Rodríguez<sup>1</sup> | Néstor Duque<sup>2</sup> | Rosa Vicari<sup>3</sup> | Julián Moreno<sup>1</sup>

## Abstract.

Recibido:  
Diciembre 10 de 2011

Aceptado:  
Abril 23 de 2012

*Availability and reusability are desired characteristics in order to guarantee the quality of Learning Objects (LO) and, because of that, the implementation of metrics for these characteristics is important for their evaluation.*

*This paper describes an approach that uses a Multi-Agent System for assessing the LO, applying different methods and metrics and finally weighing them to obtain an index called ELO-index. Using metadata as our source of information, the metrics used for calculating ELO-index was completeness, consistency and coherency.*

*The obtained index can be used to recommend LO by matching them with user-provided keywords, but also to manage the repository in which they are stored evaluating their quality before being published.*

**Keywords:** Learning objects evaluation, Metrics, Multi-agent System

## 1. Introduction

Today there are many Learning Objects Repositories which allows for searching and retrieving information. Unfortunately, they only allow for users to choose their interests among terms, which are often inadequate to express what users are really interested in, or the obtained results are not the desired.

“The main functionality of a digital repository, to provide access to resources, can be severely affected by the quality of the metadata. The resource will just be part of the repository but will never be retrieved in relevant searches. The usefulness of a digital repository is strongly

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín  
vtabaresm@unal.edu.co,  
parodriguezma@unal.edu.co,  
jmoreno1@unal.edu.co

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales  
ndduqueme@unal.edu.co

<sup>3</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
rosa@inf.ufrgs.br

correlated to the quality of the metadata that describe its resources” [1]. Metadata is used to describe and identify educational resources. These data facilitate the search, retrieval and selection of LO, allowing re-use, one of its greatest challenges [2].

According to [3], the growth in the number, size and diversity of digital collections makes metadata quality an increasingly important issue. Consequently, appropriate software tools offer great potential for collection managers to analyze their repositories and verify that their metadata supports their users’ interactions [3].

In [4], as the result of their study, authors indicate that inaccurate, incomplete and inconsistent metadata is usually a common issue in repositories. This imply a problem for resource sharing and access across digital collections. In [5], an experimental study is presented with university students oriented to assess the LO obtained from specific searches evaluating response time and the number of the retrieved resources. In this case, relevance was measured by various parameters (effectiveness of content, motivation for learn and easy for use). The results showed that in the pedagogical aspect, most LO obtained are not suited to the objectives pursued, nor for motivated learning. In terms of usability, the matter is not very encouraging since the ratings are very low.

In order to detect these problems and propose some solutions, several researches have been focused on different topics. Some of them aimed to evaluate LO from the pedagogical point of view considering the content structure, whereas another ones focused only in the the metadata. The research presented on this paper is located in the second group and its goal refers to the assessing of the quality of the metadata in the repositories.

The authors in [6] proposes metrics based on the same quality parameters used for human review of metadata: completeness,

accuracy, provenance, conformance to expectations, logical consistency and coherence, timeliness, and accessibility. The information requirements to calculate the proposed metrics are also detailed. Early results suggest that the metrics are indeed sensitive to quality features in the metadata. Finally, such a research recommends further work to validate and calibrate the proposed metrics.

The work in [7] propose a new conceptual framework that defines metadata quality in terms of its fundamental components, namely: correctness, completeness and relevance. It implied logic rules, which include, impose or prohibit certain values in the fields of a metadata record. In [8], authors describe the design and implementation of an infrastructure to support metadata quality assessment that evaluate the semantic and syntactic content of metadata from a qualitative perspective. A Web-based metadata quality tool is proposed in [3]. This tool provides statistical descriptions and visualizations of metadata. It detects metadata quality issues to guarantee compliance with the requirements.

We define in this article an index called the ELO-index, and present an approach based on a Multi-Agent System for assessing the LO, applying different methods and metrics joint to a weighing factor. Our source of information is the metadata and the metrics used for calculating ELO-index are completeness, logical consistency and coherence. The selection of metadata and weights were obtained from consultation with experts in different repositories and specialized users. ELO-index can be used, on the one hand, for recommendation of the objects that match the user-provided key-words and on the other hand, for management of the repository prior to publishing and after evaluating the quality of the objects stored. This last issue is validated with a case study.

## 2. Metrics

In the domain of the LOs quality is understood as a set of criteria for evaluating ed-ucational resources and determines their level of relevance in the teaching-learning processes [9]. There are many aspects that must be reviewed to determine quality, one of the most important are metadata. In fact it could be said that the usefulness of a repository depend on such metadata because they are responsible for describing all resources.

**Completeness** indicates if the metadata describes the objects as much as possible making it available for use. This allows for verifying if each instance provides information for the detailed description of the resource and measures how much information is available about the resource. The quality of metadata declines with the absence of core elements which have been used for search and recovery. **Consistency** estimates the level of compliance with the metadata standard or the rules established by the repository that stores them. It can occur when you include metadata defined in the standard, when the metadata includes values that are not within the options. **Coherence** implies the level to which the LO metadata describe the same resource [8] [10].

### 2.1 Completeness Metric

In order to determine the completeness of an object metadata we propose to use a metric which verifies that fields are fulfilled. Metadata standards such as LOM, Dublin Core and OBAA specify a basic outline of metadata that must be filled out to describe an LO. To verify its completeness, metadata could be reviewed field by field determining if they contain any value and in the case of multi-valued fields if there is at least one instance.

Most of the repositories only take into account some of the metadata for search, therefore it is not necessary that all fields are

fulfilled, only the most used. As concluded in the work of [11], the mainly used is the general information, the information associated with the life cycle and the educational characteristics of LO.

Researches like [8], [4] and [1] verify the completeness of metadata evaluating only some fields, which are considered the “most frequently employed”.

In our proposal the following metadata were selected. However, considering that not all of them have the same relevance, we assigned a weighting factor. This factor represents the importance of the field and the sum of all is equal to 1. One of the criteria used to select them were the considered fields during a search in the Federação Educa Brasil (FEB).

Table 1. Weighing Factor

Metadata i	Factor ki
Title	0.17
Language	0.05
Description	0.15
Keywords	0.13
Author	0.09
Date	0.06
Format	0.08
Localization	0.12
Learning Resource Type	0.05
Interactivity Type	0.05
Aggregation Level	0.05

For calculating the metric, a value of 1 is assigned if the metadata have value (not null) and 0 for other case, then such a value is multiplied for the corresponding factor according to table 1. The accumulate result is the metric value and its range is [0,1]. A value of 1 means that LO is fully complete, whereas a value of 0 means that LO is completely metadata empty. The corresponding formula is:

$$ConsisMetric = 1 - \sum_{i=1}^n (Mi) / R$$

Where:

is the Weighing Factor.

$M_i=1$  if value of metadata is not null,

$M_i=0$  if value of metadata is null.

### 2.2 Consistency Metric

For estimating the consistency is necessary to determine the level of compliance with the metadata through rules according to recommendations for values in the standard. Table 2 shows some rules selected to calculate this metric:

For calculating this metric, a value of 1 is assigned if the metadata complies with rule and 0 is assigned otherwise. The accumulate result is the metric value and its range is [0,1]. A value of 1 means that LO is completely consistent, whereas a value of 0 means that LO is completely inconsistent. The corresponding formula is:

$$ConsisMetric = 1 - \sum_1^n (M_i) / R$$

Where:

is the number of rules analyzed

$M_i=1$  if complies with rule,  $M_i=0$  if not complies with rule

### 2.3 Coherence Metric

In order to determine the coherence

between metadata is necessary to verify if the information contained in one field have correlation with others. So, the semantic distance is calculated between the different free text fields.

To calculate the semantic distance the cosine measure is proposed, which measures the similarity between arrays. In this case such arrays are the words contained in the description of the metadata. We selected *Title*, *Description* and *Keywords* fields due to its importance in the description of LOs.

$$CohereMetric = \frac{\sum_1^k \sum_1^n (P_i * Q_i) / \sqrt{(\sum_1^n P_i^2 * \sum_1^n Q_i^2)}}{R}$$

Where:

is the number of metadata analyzed

$P_i$  is term frequency  $i$  in field 1

$Q_i$  is term frequency  $i$  in field 2

## 3. Multi-agent System Development

This section shows some aspects of the modelling phase of the Multi Agent System following the MAS-CommonKADS methodology [12], emphasizing on the different components of the system. MAS-CommonKADS, extends the knowledge engineering methodology CommonKADS

Table 2. Rules to check consistency

<b>Rule 1:</b> Value Learning ResourceType	Valid values=Exercise, simulation, questionnaire, diagram, figure, graph, index, slide, table, narrative text, exam, experiment, problem statement, self assessment, lecture
<b>Rule 2:</b> Value Role	Valid values=Author, Publisher, Unknown, Initiator, Terminator, Validator, Editor, Graphical, Designer, Technical Implementer, Content Provider, Technical Validator, Educational Validator, Script Writer, Instructional Designer, Subject Matter Expert
<b>Rule 3:</b> Structure vs. AggregationLevel	<i>If</i> Structure=atomic <i>then</i> AggregationLevel=1 <i>If</i> Structure=collection <i>then</i> Aggregation Level=2 <i>If</i> Structure=networked <i>then</i> Aggregation Level=3 <i>If</i> Structure=hierarchical <i>then</i> Aggregation Level=4 <i>If</i> Structure=linear <i>then</i> Aggregation Level=4
<b>Rule 4:</b> Structure vs. AggregationLevel	<i>If</i> InteractivityType=active <i>then</i> InteractivityLevel= high or very high <i>If</i> InteractivityType=expositive <i>then</i> InteractivityLevel=low or very low <i>If</i> InteractivityType=mixed <i>then</i> InteractivityLevel=medium

with techniques from object-oriented and protocol engineering methodologies, and defines the necessary models for the analysis and design phases providing a complete documentation.

For the description of the tasks that require knowledge the control that determines how the elemental inferences are integrated is specified in order to calculate the ELO-index, this is showed in Figure 1.

The description of the conversations among agents is made both in graphical and textual representations as shown in Figure 2.

A complete diagram depicting the proposed system is presented in Figure 3.

**The Evaluator Agent** is responsible for the ELO-Index calculation and takes into account the values obtained in the three metrics and the weight assigned previously. This agent has a deliberative nature since after receiving information of the completeness, consistency and coherence agents, performs the calculation of the weighted single evaluation for each LO.

The metrics agents receive the LO metadata and calculate the corresponding metric applying the formulas previously described. These agents are:

**Completeness Agent:** This agent performs a review of the metadata after communicating

Fig. 1. Task Model

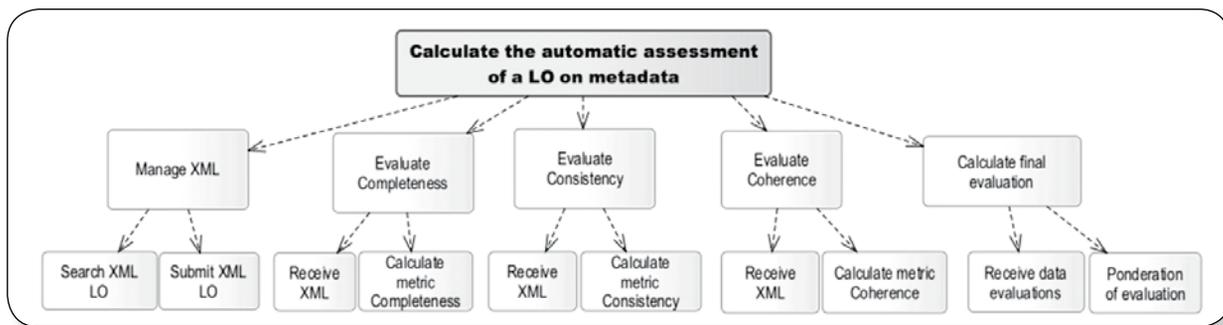
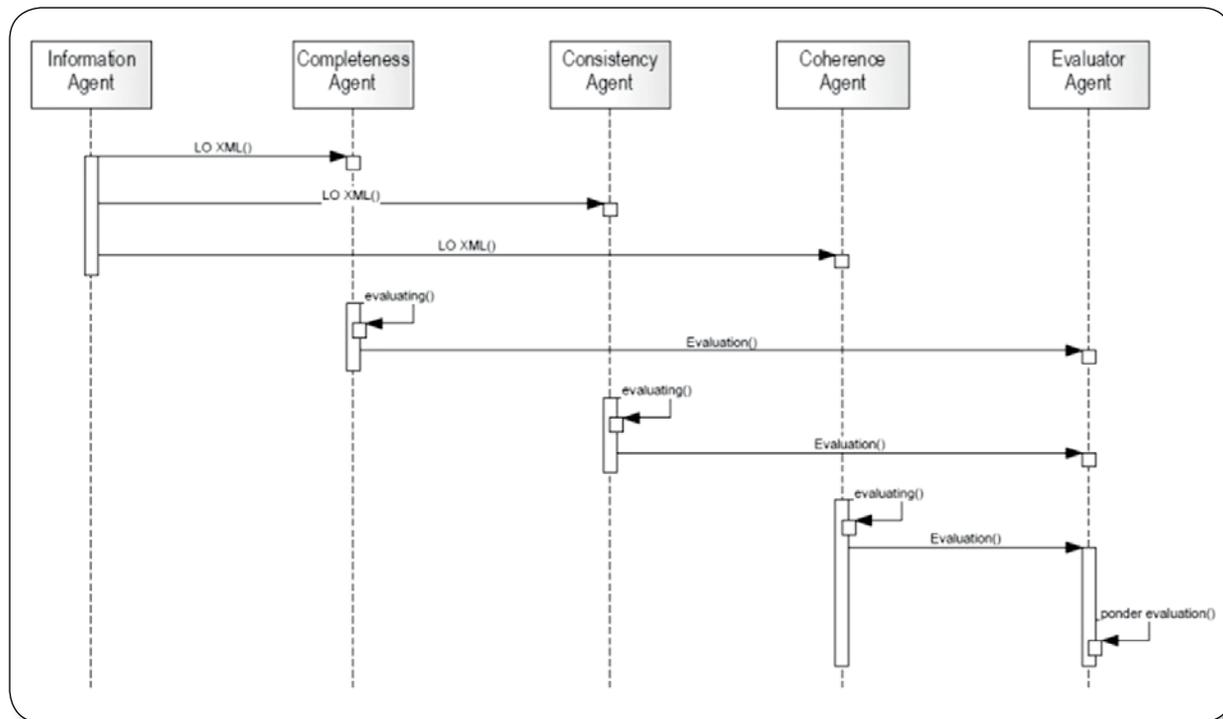


Fig. 2. Sequence Model

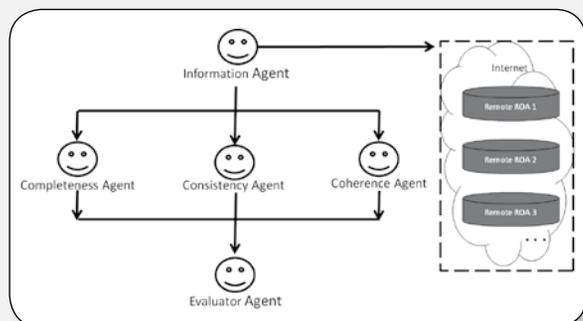


with an information agent to receive the XML. Later it calculates the completeness metric using the weights associated with the fields which are stored in its knowledge base.

**Consistency Agent:** The behavior of this agent includes the implementation of rules intended to assess compliance with the standard metadata specific to the LO. More specifically, it compares with expected values specified in the standard OBAA.

**Coherence Agent:** This agent implements the behavior Coherence, which applies a filter to remove excess words and / or irrelevant words on the content of three specific fields: title, keywords and description. Later it makes the calculation of the cosine similarity among these 3 fields to verify the relationship between the terms.

Fig. 3. Multi-agent System Architecture



**Information Agent:** This agent is responsible of retrieving and managing the XML metadata for LO stored in the remote repository and federations. This agent communicates with the agents who develop evaluation algorithms to deliver the XML. The evaluation mechanism is based on the metadata that describes the LO, permitting to use diverse visions for the resource composition, naming and allocation, and supporting several standard technologies.

## 4. Experimental Work

The validation of the proposal was made over LO obtained of repositories in the Federation Educa Brazil, FEB. The data was

obtained randomly through of the OAI-PMH interface. One collection of 100 OBAA records was tested. The metrics have been normalized to a 0 to 1 scale. The Table 3 and Figure 4 present a summary of the results.

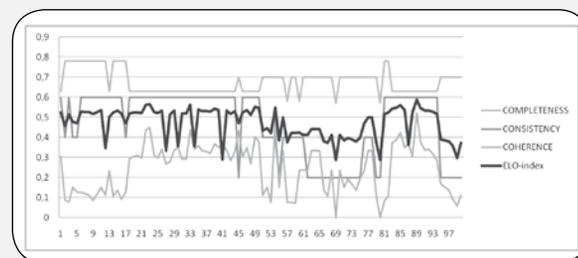
Table 3. Evaluation Summary

	Completeness	Consistency*	Coherence	ELO-index
Average	0,6764	0,4700	0,2446	0,4721
Mode	0,6300	0,6000	0,3333	0,4107
Stdev	0,0587	0,1691	0,1214	0,0760
Minimum	0,5700	0,2000	0,0000	0,2880
Maximum	0,7800	0,6000	0,5210	0,5883
Confidence level (95,0%)	0,0116	0,0335	0,0241	0,0151

\*The calculation of the metric consistency is affected by the values that not exist in metadata. Null values format = 37, Structure = 99 and Aggregation Level, Interactivity Type and Interactivity Level= 100.

Figure 4 shows the index values for each of the metric calculated in this work, completeness, consistency and coherence, also show the ELO-index metric; the index values are maintained in an unfavorable range below 0.6. The metric of completeness shows better values, while coherence metric has higher variability and lower values, which should generate concern about the recovery of LOs that are not expected.

Fig. 4. Evaluation Metrics and ELO-index



## 5. Conclusion and Future Work

Applying the quality metrics proposed in this work allows for demonstrating that is necessary to evaluate the metadata of the evaluated repository. This is due to the

obtained values reflect identifiable quality flaws, turning this way in a relevant tool for the repository management.

Modeling the problem using a MAS technique was an excellent option, allowed the disintegration into functional blocks, without losing the systemic point of view, which leads to distributing the solution in diverse entities that require specific knowledge, processing and communication between each other. The MAS allows the neutral vision in the proposed model.

As future work, a much more detailed validation of the metrics must be performed as well as a refinement of the underlying formulas. We also hope to calculate similarity semantic aspects using ontologies. In addition, we would like to implement a metadata translation tool that allows the use of different standards in a transparent form.

## 6. Acknowledgements

We are grateful with the group of the Federação de Repositórios Educa Brasil – FEB, in Porto Alegre, for their collaboration.

## 7. References

- [1] X. Ochoa, "Learnometrics: Metrics for Learning Objects," Katholieke Universiteit Leuven, 2008.
- [2] R. Vicari et al., "Proposta Brasileira de Metadados para Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes (OBAA)," *Novas Tecnologias na Educação*, 2010.
- [3] D. Nichols, C.-hsiang Chan, and D. Bainbridge, "A tool for metadata analysis," 2008.
- [4] Y. Bui and J.-ran Park, "An Assessment of Metadata Quality : A Case Study of the National Science Digital Library Metadata Repository," 2006.
- [5] V. Tabares, N. Duque, and J. Moreno, "Análisis experimental de la utilidad en la recuperación de objetos de aprendizaje desde repositorios remotos," *Sin Publicar*, pp. 1-12, 2011.
- [6] X. Ochoa and E. Duval, "Quality Metrics for Learning Object Metadata," *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*, pp. 1004-1011, 2006.
- [7] T. Margaritopoulos, I. Mavridis, M. Margaritopoulos, and A. Manitsaris, "A Conceptual Framework for Metadata Quality Assessment," pp. 104-113, 2008.
- [8] B. Hughes, "Metadata Quality Evaluation : Experience from the," pp. 320-329, 2004.
- [9] E. Morales, A. Gil, and F. García, "Arquitectura para la Recuperación de Objetos de Aprendizaje de calidad en Repositorios Distribuidos," *SCHA: Sistemas Hipermedia Colaborativos y Adaptativos. II Congreso Español de Informática CEDI 2007*, vol. 1, pp. 31–38, 2007.
- [10] T. R. Bruce and D. I. Hillmann, "The Continuum of Metadata Quality: Defining, Expressing, Exploiting," *Metadata in Practice*, 2004.
- [11] P. A. Rodríguez, G. Isaza, and N. D. Duque, "Búsqueda personalizada en Repositorios de Objetos de Aprendizaje a partir del perfil del estudiante," *CAVA 2011*, 2011.
- [12] C. Á. Iglesias Fernández, "Definición de una Metodología para el Desarrollo de Sistemas Multiagentes," Universidad Politécnica de Madrid, 1998.

# Elaboración del silicio poroso tipo p y caracterización morfológica mediante microscopía de fuerza atómica

H. Rosas Diaz<sup>1</sup> | I. Delgado<sup>1</sup> | J. A. Cardona Bedoya<sup>1</sup> | A. Calderón<sup>2</sup> | A. E. Florido Cuellar<sup>1</sup>

Recibido:  
Enero 21 de 2012

Aceptado:  
Mayo 18 de 2012

## Resumen

Se presenta un sistema para la elaboración del Silicio Poroso (SP) tipo p y su caracterización morfológica. El SP es elaborado mediante un ataque electroquímico de un cristal de silicio tipo p en una solución con ácido fluorhídrico (HF) dentro de una celda electroquímica a la cual es aplicada una corriente constante mediante un electrodo de platino y otro de silicio con un contacto óhmico de plata. La caracterización del SP se obtuvo mediante la técnica de microscopía de fuerza atómica (AFM)

**Palabras clave:** Semiconductor, Silicio poroso, ataque electroquímico, ácido fluorhídrico.

## Abstract

We present a system for the preparation of porous silicon (SP) p-type and morphological characterization. The SP is produced by electrochemical etching of crystalline silicon p-type in an aqueous hydrofluoric acid (HF) solution in an electrochemical cell to which a constant current is applied through a platinum electrode and another of silicon with a silver ohmic contact. The characterization of the SP we get through the technique of atomic force microscopy (AFM)

**Keywords:** Semiconductor, Porous silicon, electrochemical attack, hydrofluoric acid.

<sup>1</sup>Departamento de Física,  
Facultad de Ciencias,  
Universidad del Tolima, A.A.  
546 Barrio Santa Helena Ibagué  
jcardona@ut.edu.co

<sup>2</sup>CICATA IPN Unidad legarfa,  
México D.F México  
jcalderona@ipn.mx

## Introducción

En las últimas décadas se han encontrado nuevas aplicaciones para el Silicio (Si) en el área de la fotónica, la promoción del Si para aplicaciones fotónicas es una consecuencia de la posibilidad

de reducir su dimensionalidad mediante una técnica fácil y de bajo costo. El ataque electroquímico de Si bajo condiciones contraladas conduce a la formación de silicio porosos (SP), el cual es una red desordenada de poros dentro del Si. El silicio poroso (SP) como material semiconductor no es nuevo, fue descubierto en 1956 por Ulhir (1); se considera que el SP fue redescubierto en 1990 cuando Canham (2), mostró fotoluminiscencia visible (en el rojo, 1,4-1,6 eV) a temperatura ambiente con tiempos de 1,2 y 6 horas de electropulido. Este descubrimiento fue el punto inicial de la investigación en torno a la luminiscencia del silicio poroso.

Aunque ya han habido numerosas publicaciones acerca de la obtención y las propiedades físico-químicas del SP (3,4,5), algunos efectos de los parámetros de elaboración en las propiedades ópticas y morfológicas de SP no está aún bien establecidas, debido a la complejidad del material procesado. Los recientes informes publicados sobre el tema muestran que los investigadores aún están tratando de optimizar SP del material para diferentes aplicaciones (6,7,8).

La morfología de la capa porosa resultante depende de los parámetros del proceso de fabricación (3, 9). En nuestro caso se tuvo en cuenta los parámetros como tiempo de ataque (25 minutos), densidad de corriente ( $\sim 13\text{mA}/\text{cm}^2$ ), características del electrolito (HF 40%, marca Panreac) distancia de separación entre los electrodos (0,5 cm) y tipo de sustrato (silicio tipo P).

## Materiales y métodos

Para elaborar el SP se diseñó y se fabricó una celda de teflón (figura 1). La celda electroquímica se llenó con una solución de HF al 40% de concentración y se sumergió en ella un electrodo de platino en forma de placa plana que actúa como cátodo mientras que la muestra de Si cristalino actúa como ánodo. Se aplicó una diferencia de potencial entre los

electrodos, la cual produce una electrolisis y consecuentemente se registrará una corriente en el amperímetro. Con esto, la corriente será producida por migraciones de iones positivos  $\text{H}^+$  (cationes) que se dirigirán al cátodo, mientras que los iones negativos  $\text{F}^-$  y  $\text{OH}^-$  (aniones) se dirigirán al ánodo, es decir hacia la muestra de silicio cristalino. La capa porosa es formada por la disolución electroquímica del Si.

Para la generación de capas porosas uniformes y homogéneas es importante tener en cuenta la limpieza del sustrato, la calidad de la disolución química, y las condiciones de anodización en la celda electroquímica (la densidad de corriente). La calidad de la disolución química depende de la concentración de ácido fluorhídrico en la solución y de su PH, ya que los iones que se generan en el proceso electrolítico van a interactuar con el silicio.

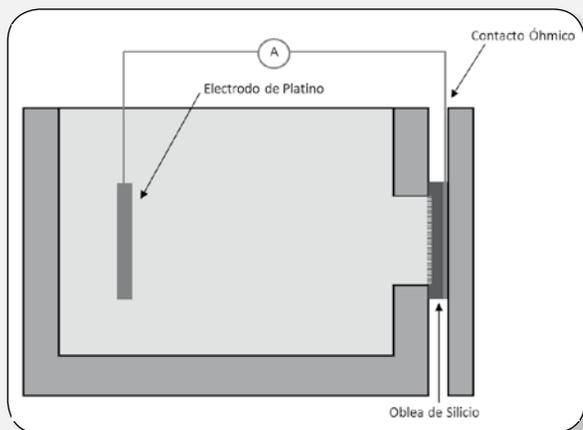
La celda de ataque electroquímico fue elaborada en teflón (figura 1), en ella se puede iluminar la muestra directamente en el área de ataque lo cual favorece la generación de par electrón-hueco, y es posible controlar la distancia entre los electrodos con lo que variará la configuración de las líneas de campo eléctrico.

Las muestras de SP fueron elaboradas en obleas de silicio cristalino tipo P, mediante ataque electroquímico en HF. Antes de la elaboración del SP, y con el fin de obtener un contacto óhmico, sobre la parte posterior de las obleas de silicio se depositó una película de plata por Sputtering en DC. Las muestras fueron colocadas en la celda y una corriente de 20 mA se aplicó a los electrodos. La distancia de separación entre los electrodos fue de 5 mm. con un tiempo del ataque de 25 minutos. Antes del ataque electroquímico todas las muestras fueron limpiadas en baño de ultrasonido primero en xileno, luego en acetona y finalmente en etanol.

Las muestras fueron caracterizadas morfológicamente mediante microscopía

de fuerza atómica, usando un microscopio nanosurf easyscan 2 en modo de no contacto como se muestra a continuación.

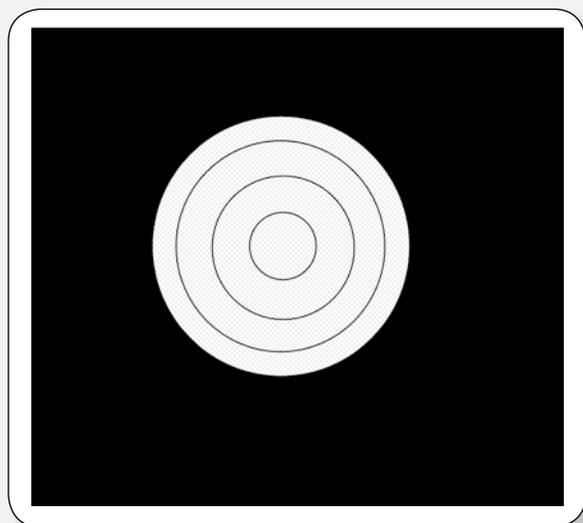
**Figura 1.** Configuración de la celda de ataque electroquímico



## Resultados y discusión

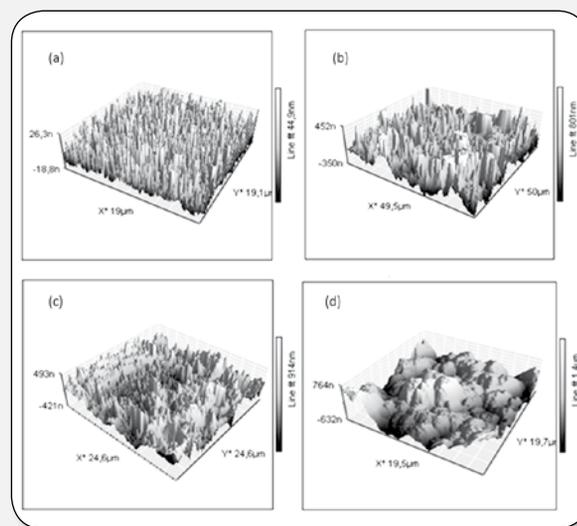
La topografía de las películas de SP se ha caracterizado mediante microscopía de fuerza atómica (AFM), para ello, se seleccionaron y se analizaron cuatro zonas de interés en diferentes lugares de una misma muestra. En la figura 2 se muestra las cuatro zonas que fueron estudiadas. El tamaño de la muestra tiene un diámetro aproximado de 14 mm.

**Figura 2** Esquema de la muestra atacada electroquímicamente en la que se observa las cuatro regiones; siendo la zona 1 la más próxima al extremo del sustrato, y la zona 4 la parte central del ataque.



El área de las zonas de análisis fueron de alrededor de  $20\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$  para las zonas 1, 3 y 4, y de  $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$  para la zona 2. La figura 3(a) muestra una imagen típica de AFM de la película de silicio poroso, la cual fue tomada en el extremo del área de ataque (zona 1), en ella se observa claramente que la anodización del Si conduce a una superficie bien definida de poros de una profundidad aproximada de 45,1 nm. En la zona 2 (figura 3a) se aprecia un incremento en la profundidad del poro (alrededor de 800 nm) con menor uniformidad. En la figura 3(c) los poros en la estructura de Si se debilitaron, no hay uniformidad en los poros y se tiene una mayor profundidad, por último la zona 4 (figura 4(d)) revela una superficie rugosa, en lugar de los poros individuales. En consecuencia estas imágenes nos muestran que se tiene una película de silicio poroso no uniforme, en donde en el centro de la muestra se presenta mayor ataque electroquímico que en el extremo. Este comportamiento inusual está en proceso de estudio. Adicionalmente en este tipo de crecimiento está en estudio la influencia del tiempo de ataque y la densidad de corriente para el sustrato tipo P.

**Figura 3** Microscopía de fuerza atómica de las diferentes zonas. (a) zona 1, (b) zona 2, (c) zona 3 y (d) zona 4.



## Conclusiones

Fueron producidas películas delgadas de silicio poroso tipo p por el método de

anodización electroquímica. En las muestras se analizaron cuatro zonas en el área de ataque, obteniéndose poros de mayor profundidad en la zona 3 y 4 correspondiente a las áreas del centro de ataque electroquímico, y las zonas 1 y 2 presentan una menor profundidad y una mayor uniformidad de poros, respectivamente.

## Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por la Universidad del Tolima bajo el proyecto 90111 y la Fundación Banco de la Republica, proyecto número 2953. Los autores expresan su agradecimiento a los Drs. Juan Carlos Salcedo y Camilo Jiménez de la Universidad Javeriana por la caracterización de las muestras mediante microscopía de fuerza atómica y la evaporación de las muestras. Los autores igualmente agradecen a la Dra. Aura M. Pedroza Rodríguez por el apoyo logístico en la consecución de los reactivos.

## Referencias bibliográficas

1. UHLIR, A. Electrolytic Shaping of Germanium and Silicon. *Journal Bell System Technical*. 1956, 35, 333-337.
2. CANHAM L.T Silicon quantum wire array fabrication by electrochemical and chemical dissolution of wafers. *Applied Physics Letter*. 1990, 57 (10), 1046-1048.
3. M. I. J. BEALE, J. D. BENJAMIN, M. J. UREN, N. G. CHEW, AND A. G. CULLIS. An experimental and theoretical study of the formation and microstructure of porous silicon. *Journal of Crystal Growth*. 1985, 73 (3), 622-636.
4. T. UNAGAMI. Formation mechanism of porous silicon layer by anodization in HF solution. *Journal of the Electrochemical Society*. 1980, 127 (2), 476-483.
5. YUEYIN SHAO, YONGQIAN WEI AND ZHENGHUA WANG. The blue cathodoluminescence and photoluminescence of porous silicon nanoribbons. *Journal of Materials Sciences and Technology*. 2011, 22, 179-182
6. JUDSON D. RYCKMAN, MARCO LISCIDINI, J. E. SIPE, AND S. M. WEISS. Porous silicon structures for low-cost diffraction-based biosensing. *Applied Physics Letter*. 2010, 96, 171103.
7. MADHURI THAKUR, MARK ISAACSON, STEVEN L. SINSABAUGH, MICHAEL S. WONG, SIBANI LISA BISWAL. Gold-coated porous silicon films as anodes for lithium ion batteries. *Journal of Power Sources*. 2012, Article in press.
8. MONCEF SAADOUN, MOHAMED FETHI BOUJMIL, SELMA AOUIDA, MOHAMED BEN RABHA, BRAHIM BESSAÏS. Porous silicon-based microtexturing of textured monocrystalline silicon solar cells. 2011, 8, 1869-1873.
9. FLORIDO CUELLAR A. Estudio de propiedades Térmicas y Ópticas en silicio poroso elaborado mediante ataque electroquímico. **Tesis Doctoral**. Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, CICATA, México DF, 2009.

# Obtención y caracterización mecánica de un acero bainítico aleado con boro (10 y 20 ppm)

M. A. Sierra<sup>1</sup> | J. J. Olaya<sup>1</sup> | R. Rodríguez-Baracaldo<sup>1</sup>

Recibido:  
Enero 26 de 2012

Aceptado:  
Abril 23 de 2012

## Resumen

Los aceros bainíticos se han convertido en uno de los materiales que se han investigado durante la última década, debido a sus excepcionales propiedades mecánicas. La ventaja que ha tenido desarrollar este tipo de materiales es particularmente la obtención de estructuras libres de carburos que combinan una muy buena resistencia mecánica con una excelente tenacidad. Mediante este trabajo se establecieron y controlaron adecuadamente las condiciones metalúrgicas para fundir en vacío un acero bainítico aleado con 10 y 20 ppm de Boro y tratamiento termomecánico de laminación entre 1000 °C y 1200 °C. La caracterización microestructural se realizó mediante microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido, y la caracterización mecánica mediante pruebas de dureza, tracción y tenacidad a temperatura ambiente.

Los resultados obtenidos muestran resistencias últimas del orden de 1800 MPa y elongaciones de aproximadamente el 16%. Es apreciable el aumento en las propiedades mecánicas con el incremento del contenido de boro en los aceros. El boro posiblemente está actuando como agente refinador de grano y disminuye la nucleación de la ferrita en los límites de grano de la austenita, facilitando la formación de bainita.

**Palabras clave:** Bainita, tratamiento termomecánico, fundición, propiedades mecánicas.

## Abstract

Bainitic steels have become one of the metals most widely investigated in the last decade, due to the exceptional combination of mechanical properties. The advantage of such materials is to obtain free carbide structures that combine good mechanical strength with excellent toughness. In this work were established and properly controlled conditions to cast a bainitic steel with 10 and 20 ppm of boron, and subsequently thermomechanical treatment of rolling process between 1000 °C and 1200 °C. The microstructure characterization was carried out

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.  
e-mail: masierrac@unal.edu.co, jjolayaf@unal.edu.co, rodriguezba@unal.edu.co

*by optical microscopy and scanning electron microscopy, and mechanical characterization by hardness, strength-strain and toughness test at room temperature.*

*The results show an ultimate strength of 1800 MPa and elongations of 16%. Also, it is noticeable increase in mechanical properties with increasing boron content in the steels. Probably boron acts as grain refiner and decrease the nucleation of the ferrite grain on austenite boundaries, improving the formation of Bainite.*

**Keywords:** *Bainite, thermomechanical treatment, casting, mechanical properties*

## 1. Introducción

El acero continúa siendo la columna vertebral de los materiales del sector transporte, construcción de maquinas y estructural; y todo hace pensar que gracias a su flexibilidad y funcionalidad seguirán siendo importantes por mucho más tiempo. En los últimos años el desarrollo en la investigación de nuevos aceros se ha centrado en la obtención de mejorar las propiedades de estos materiales buscando alternativas dentro de su propia estructura. Actualmente a nivel mundial se están incorporando entre otros metales, los aceros bainíticos avanzados, ofreciendo excelentes propiedades de alta resistencia mecánica y formabilidad que los hacen atractivos para muchas aplicaciones en donde estas exigencias son preponderantes [1-2].

Este tipo de aceros bainíticos avanzados son diseñados con muy bajas concentraciones de carbono y elementos aleantes, y procesados mediante tratamientos termomecánicos con el fin de obtener una microestructura bainítica ultrafina. Esta estructura ofrece la posibilidad de mejorar de manera simultánea la resistencia a la tracción y la tenacidad con una muy aceptable ductilidad, adicionalmente estos

aceros tienen la ventaja de poderse desarrollar a bajo costo dando la oportunidad de que la industria nacional lo pueda implementar [3].

En términos generales los aceros convencionales utilizados en estado bainítico no han mostrado gran éxito debido a la presencia de partículas de cementita en la microestructura. Su capacidad de absorber energía durante el impacto es inferior a la encontrada en los aceros templados y revenidos de composición semejante. Ahora bien, la adición de silicio evita la formación de carburos y enriquece la austenita en carbono, produciendo una microestructura formada por placas de ferrita bainítica extremadamente finas (decenas de nm), separadas por láminas delgadas de austenita enriquecida en carbono. La microestructura bainítica libre de carburos ofrece la posibilidad de obtener una combinación tanto de alta resistencia mecánica como de alta tenacidad, difícilmente obtenibles con otro tipo de acero [1].

Investigaciones recientes en estos aceros han mostrado que a través de modificaciones en la composición química se puede generar una nueva familia de aceros bainíticos. Estos cambios consisten principalmente en la reducción del contenido de silicio y carbono y la adición de elementos aleantes como el boro

para mejorar la estabilidad hasta lograr los niveles más adecuados para evitar la formación de carburos. El principal efecto del boro es la inhibición de la nucleación de la ferrita en los límites de grano de la austenita, favoreciendo así la formación de bainita. Este efecto es debido al hecho de que la segregación del boro hacia los límites de grano de la austenita disminuye la energía interfacial reduciendo los sitios preferenciales para la nucleación de la ferrita.

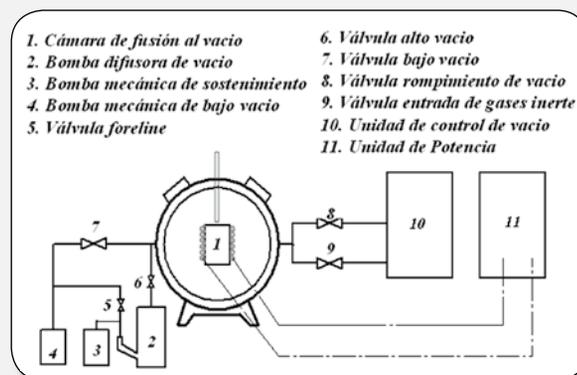
La producción de nuevos aceros bainíticos ha sido estudiada por H. Bhadeshia y sus colaboradores. En estos trabajos se ha logrado obtener aceros de alta tenacidad y de alta resistencia, conocidos como superbainíticos [4-5]. Otras investigaciones han estado más enfocadas en realizar tratamientos térmicos, o estudiar sus propiedades mecánicas o tribológicas [6].

El objetivo de esta investigación es producir un acero de alta resistencia y tenacidad a bajo costo. Para desarrollar este acero se seleccionó la siguiente composición química: Fe-0.32C-1.45Si-1.97Mn-1.26Cr-0.26Mo-0.10V aleado con boro, la cantidad de boro fue de 10 y 20 ppm (partes por millón). En esta investigación se estudia la influencia del boro sobre las propiedades mecánicas de esfuerzo máximo, dureza y tenacidad y su correlación con la microestructura.

## 2. Desarrollo experimental

El acero bainítico se produjo en un horno de inducción con sistema de vacío que permite hacer la colada bajo esta condición y que proporciona una capacidad máxima de vacío de  $10^{-4}$  Pa. Este horno permite la variación de la frecuencia desde 0 hasta 9000 Hz, con potencia máxima de 75 kilovatios. La fusión se realizó a 1670 °C durante 2 horas. Las fundiciones se realizaron con una presión de trabajo de  $10^{-2}$  Pa. En la figura 1 se presenta el esquema del horno de fundición.

Figura 1. Esquema del horno de inducción al vacío.



Para obtener el acero se utilizaron ferroaleaciones en cantidades de: FeSi 1.875%, FeMn 2.595%, FeMo 0.41%, FeCr 1.93 %, FeV 0.12% y con el objetivo de aportar los elementos requeridos para alcanzar la composición química propuesta se adicionó chatarra con 65 % de acero 1020 y 35% de 1045, lo cual constituye el 93.38%. Para ajustar los contenidos de boro se adicionó 10 ppm (FeB 0.00544%) y 20 ppm (FeB 0.01088%).

Los moldes para obtener los lingotes fueron coquillas metálicas fabricadas en perfil en L de acero estructural para garantizar la obtención de un tocho de sección transversal cuadrada de 70 mm de lado que se cortaron en cubos. Los cubos se laminaron desde 1100 °C hasta 900 °C para obtener un espesor de 22 mm. A partir de esta temperatura se enfriaron al aire.

El análisis químico de los materiales producidos se realizó mediante un espectrómetro de emisión óptica marca UV-VIS marca BAIRD. La tabla 1 muestra un resumen de las composiciones químicas obtenidas para cada aleación.

Tabla 1. Composición química aceros obtenidos (% en peso).

acero	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	B
Base	0.29	1.5	1.9	1.4	0.3	0.1	0.0003
10 ppm	0.28	1.4	1.88	1.3	0.3	0.1	0.0017
20 ppm	0.28	1.45	1.9	1.4	0.3	0.1	0.0026

Se obtuvieron 3 aceros variando el contenido de boro en 0.0003, 0.0017 y 0.0026 % (% en peso). También se observó una variación en el contenido de carbono, que posiblemente se ha generado por una descarburización después del proceso de laminación a 1100 °C. Los otros elementos de aleación se encuentran dentro de los límites propuestos.

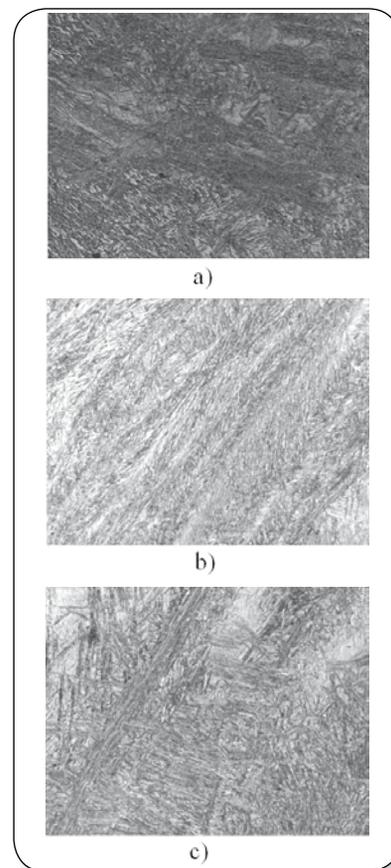
La microestructura de los aceros obtenidos fue caracterizada por microscopía óptica usando un equipo Leco y el software analizador de imágenes IA32 y microscopía electrónica de barrido (SEM, por sus siglas en inglés) marca: FEI, modelo: Quanta 200. La preparación de la superficie se realizó mediante pulido y ataque con un nital al 3% usando la técnica de inmersión para revelar la microestructura bainítica. Adicionalmente se hizo un análisis fractográfico sobre las probetas de impacto mediante SEM.

Las propiedades mecánicas fueron evaluadas mediante ensayos de dureza, tensión e impacto. En las pruebas de tensión se realizaron 4 mediciones utilizando una máquina universal marca Shimadzu UH – 500 KN con microprobetas de acuerdo a la norma ASTM A 370 y censadas con un extensómetro de 25 mm. Se realizaron 3 mediciones de impacto realizadas a temperatura ambiente mediante el ensayo Charpy con entalla en V. Las pruebas de dureza se realizaron utilizando un durómetro marca Gnehm Hogen tipo G 100, se realizaron 10 mediciones sobre cada muestra, tomada después del proceso de laminación.

microconstituyente. Adicionalmente se puede observar una simetría en la disposición de las “plumas” formando una distribución más uniforme de acuerdo a lo expuesto por Valencia [7]. En este trabajo se argumenta que la orientación de las agujas tiene un patrón direccional preferente. Los resultados también indican que la bainita sigue una dirección particular, que podría descartar la presencia de martensita en la microestructura.

Cabe notar que algunas veces se puede prestar para confusiones la morfología de la bainita y la martensita. En las imágenes mostradas no está claro la formación de “agujas” agudas propias de la martensita, por el contrario, se aprecia una estructura mucho más ordenada y fina, que es típica de la bainita, normalmente superior. Sin embargo, es necesario hacer mediciones complementarias mediante microscopía electrónica de transmisión.

**Figura 2.** Imágenes de la microestructura tomadas con microscopía óptica a 1000X. a) 0 ppm, b) 10 ppm y c) 20 ppm



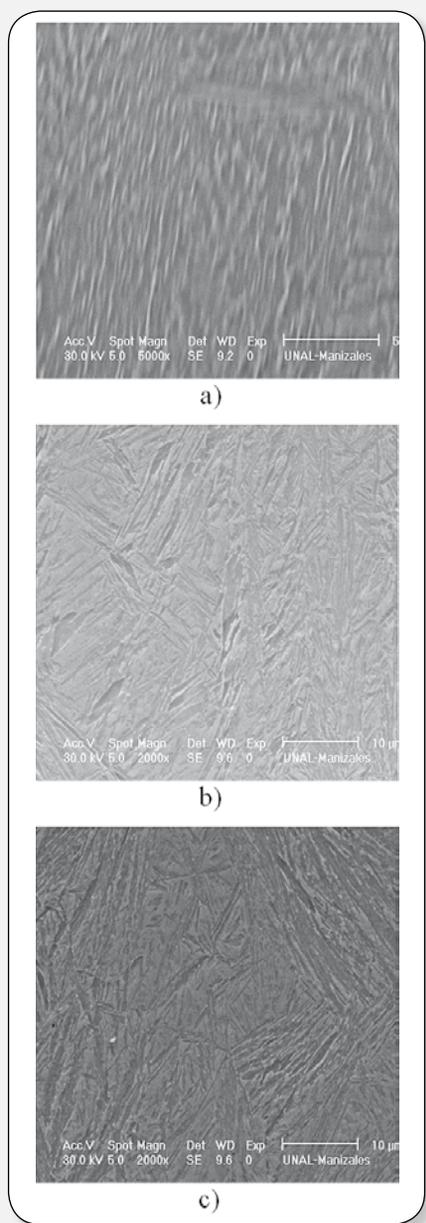
### 3. Resultados y discusión

#### 3.1 Caracterización microestructural

Las figura 2 presentan las microestructuras de los aceros producidos. Se puede observar una morfología asociada a la bainita como principal

La figura 3 muestra las micrografías electrónicas de barrido para cada aleación. En estos resultados se pueden observar una microestructura la mejor simetría de las plumas que corresponden a bainítica fina. Esta estructura se favorece termodinámicamente debido a que una de las funciones del boro es disminuir la energía interfacial para la nucleación de la ferrita en los límites de grano de la austenita. El boro también actúa como un agente refinador, lo cual se traduce en estructuras más finas que permiten validar el aumento de la resistencia mecánica [8].

Figura 3. Micrografías SEM. a) 0 ppm, b) 10 ppm y c) 20 ppm



### 3.2 Caracterización mecánica

#### 3.2.1 Ensayo de dureza

En la tabla 2 se aprecian los resultados de dureza. Los altos valores obtenidos son propios de Bainita. Se puede observar un ligero aumento de la dureza hasta 50.6 Kg/mm<sup>2</sup> con el aumento del boro (20 ppm), posiblemente generado por un aumento de la deformación de la red. Adicionalmente, se observa que los valores obtenidos en los tres aceros son mayores que los resultados obtenidos por trabajos como Caballero y colaboradores [2-3, 8-10] y Bhadeshia [4-5,11], esta diferencia puede ser explicada al afecto refinador de grano del elemento boro y la síntesis del acero en un horno de vacío.

Tabla 2. Valores ensayo de dureza

LECTURA	ALEACIÓN			Resultados Caballero [2]
	0 ppm	10 ppm	20 ppm	
Promedio	47.7	48.6	50.6	44
Desv Est	0.94	0.51	0.69	

#### 3.2.2 Ensayo de tensión

La figura 4 muestra los gráficos obtenidos del ensayo de tensión, junto con los resultados resumidos de las propiedades mecánicas en la tabla 3. Es apreciable el aumento en la resistencia mecánica desde 1740 MPa hasta 1820 MPa con el aumento del contenido de boro en la aleación, también se observa que a pesar de este aumento el material mantiene los valores de ductilidad medidos mediante la reducción de área y elongación. Esto posiblemente puede ser atribuido a la austenita retenida en el acero.

De esta forma los resultados de ductilidad se pueden explicar por el efecto favorable de la combinación de una fase dúctil como la austenita distribuida en una fase más dura como la bainítica. En términos generales

se puede afirmar que se tiene una alta resistencia y buena ductilidad, combinación de propiedades mecánicas equivalentes a los costos aceros de aleaciones especiales [12].

Por otro lado, los altos valores de resistencia se pueden explicar por la presencia de placas de bainita con tamaño sub-micrométrico o nanométrico, lo que genera una restricción elevada al movimiento de las dislocaciones. También se debe tener en cuenta que estos aceros se produjeron en alto vacío, que reduce el contenido de oxígeno en toda la aleación. De esta forma, se puede producir un acero con menores porcentajes de porosidad, defectos y de mayor densidad. Finalmente, se debe evaluar el efecto de la austenita retenida en la resistencia mecánica de los aceros producidos. Es probable que la austenita se transforme en martensita durante el ensayo de tracción debido al fenómeno de transformación martensítica inducido por deformación. Esta transformación incrementa la resistencia del material tal como fue sugerido en el trabajo de Bhadeshia [5].

Figura 4. Gráfico  $\sigma$  vs  $\epsilon$  para las aleaciones. a) 0 ppm, b) 10 ppm y c) 20 ppm.

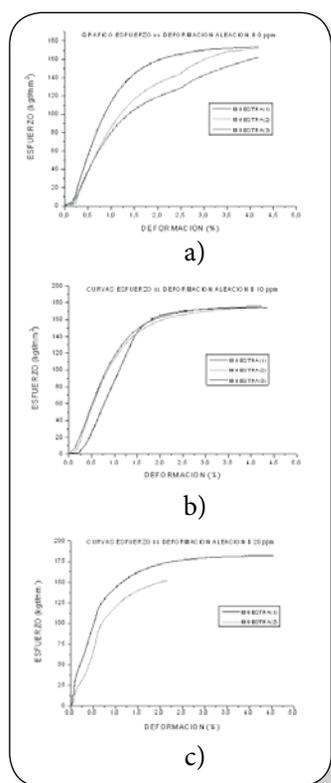


Tabla 3. Resultados Ensayos de Tensión.  $\sigma_M$  = esfuerzo máximo,  $\sigma_y$  = esfuerzo de fluencia %R.A = % de reducción de área, % Elong = % de elongación,

Muestra	$\sigma_M$ (MPa)	$\sigma_y$ (MPa)	%R.A	% Elong
0 ppm	1740	1440	29	17
Al 10 ppm	1770	1380	32	15
Al 20 ppm	1820	1416	26	16

## 4. Conclusiones

Se obtuvieron con éxito aceros bainítico (Fe-0.32C-1.45Si-1.97Mn-1.26Cr-0.26Mo-0.10V) sin alear y aleado con Boro (10 y 20 ppm) con una combinación de propiedades mecánicas; alta resistencia y buena ductilidad y tenacidad, equivalentes a los costos aceros de aleaciones especiales.

Es apreciable el aumento en las propiedades mecánicas con el incremento del contenido de boro en la aleación. El boro posiblemente actuó como agente refinador de grano y disminuya la nucleación de la ferrita en los límites de grano de la austenita, facilitando la formación de bainita. Los buenos resultados de ductilidad pueden ser atribuidos por el efecto favorable de la combinación de una fase dúctil como la austenita y la fase de alta resistencia como la bainita.

Finalmente, la producción de los aceros bainíticos en fundición en vacío seguramente permitió aumentar su resistencia, debido a una reducción del porcentaje de porosidad, inclusiones y la concentración de oxígeno en el material. Sin embargo, para corroborar su efecto, se recomienda en futuros trabajos hacer mediciones de densidad del material y composición química con otras técnicas de caracterización.

## 5. Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia (proyecto: 14744) por el apoyo financiero para la realización de esta investigación y el Dr. Arnoldo Bedolla Jacuinde del U M S N H. - I I M por su colaboración en laminación de los aceros bainíticos.

## 6. Referencias bibliográficas

- [1] SANTOFINIA M. La transformación Bainítica sin Formación de Carburos en los Aceros. Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias, Universidad Complutense de Madrid, 2006.
- [2] F.G. CABALLERO, H.K.D.H. BHAHADESHIA, K.J.A. MAWELLA, D.G. JONES Y P. BROWN. Diseño de Nuevos Aceros Bainíticos, Revista de Metalurgia 2, 38-44, 2002.
- [3] F.G. CABALLERO, M.J. SANTOFINIA, C. GARCÍA-MATEO, J. CHAO, C. GARCÍA DE ANDRÉS, Theoretical design and advanced microstructure in super high strength steels Materials and Design. 30, 2077-2083, 2009
- [4] BHADESHIA, HARRY, Bainite in steel, Institute of Materials, Minerals and Mining, 2da edición, Cambridge, 2001.
- [5] BHADESHIA, HARRY. Bainite in Silicon Steels: A New Composition-Property approach, Part II, Metals Science, 17, 411 – 419, 1983
- [6] VIAFARA C; VELEZ J M. Transformación Bainítica en aleaciones Fe-C. Ingeniería y Ciencia. Universidad EAFIT. 83-99, 2005.
- [7] VALENCIA, ASDRUBAL. Tecnología del tratamiento térmico de los aceros, Ed. Universidad de Antioquia, Medellín (Colombia), 1996.
- [8] P. ACOSTA, J.A. JIMÉNEZ, G. FROMMEYER, O. A. RUANO, Microstructural characterization of an ultrahigh carbon and boron tool steel processed by different routes, Materials Science and Engineering A206, 194-200, 1996
- [9] F.G. CABALLERO, H.K.D.H. BHADESHIA, K.J.A. MAWELLA, D.G. JONES Y P. BROWN. Bainitic Steels: Part 1, Mater. Scien. Tech. 17, 512-516, 2001.
- [10] F.G. Caballero, H.K.D.H. Bhadeshia, K.J.A. Mawella, D.G. Jones y P. Brown. Mater. Bainitic Steels: Part 2, Scien. Tech. 17, 517-522, 2001
- [11] H.K.D.H. BHADESHIA, Comments on Bainite formation kinetics in high carbon alloyed steel, Scripta Materialia, 59, 1275-1276, 2008.
- [12] KRAUSS G, Steel, processing, structure and performance. ASM International, Third printing, OHIO, USA, 2007.

# La innovación tecnológica en las empresas del sector cerámico del área metropolitana de Cúcuta

Patricia Ramírez Delgado<sup>1</sup>

Recibido:  
Noviembre 2 de 2011

Aceptado:  
Abril 26 de 2012

## Resumen

*Con la investigación se busca realizar una caracterización del proceso de innovación tecnológica en las empresas cerámicas del área metropolitana de Cúcuta. La metodología utilizada consistió en la aplicación de una encuesta estructurada, a los gerentes o jefes de producción de las 37 empresas que participaron en el estudio. El instrumento se diseñó para medir las capacidades y el proceso de innovación, partiendo de los diferentes aportes realizados por los expertos en el tema, y los Manuales de Oslo y de Bogotá. Del análisis de los resultados se evidenció que el sector cerámico no cuenta con las capacidades de capital humano, organización, exploración y explotación que favorezcan los procesos de innovación tecnológica; los procesos de innovación actuales se caracterizan por ser adaptativos e incrementales de los desarrollos exógenos; y existe una débil articulación de las empresas del sector cerámico con el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. La investigación proporciona un instrumento que sirve para caracterizar la innovación tecnológica y analizarla por medio de perfiles, que puede ser adaptado a cualquier empresa del sector manufacturero.*

**Palabras clave:** *innovación tecnológica, capacidad de innovación, proceso de innovación.*

## Abstract

*With research is to realize a process characterization technological innovation in ceramic companies in metropolitan Cucuta. The Methodology consisted of a survey structured, managers or heads of production of the 37 companies that participated in the study. The instrument was designed to measure the skills and the innovation process, based on the different contributions made by the experts, and Oslo manuals and Bogota. Analysis of the results showed that the ceramic sector does not have the human capital capabilities, organization, exploration and exploitation which foster technological innovation; innovation processes current characterized by adaptive and incremental developments*

*exogenous and there is a weak link in the ceramic sector companies with System National Science, Technology and Innovation. The research provides an instrument used to characterize and technological innovation analyze it by means of profiles, which can be adapted to any company the manufacturing sector.*

**Keywords:** *Technological innovation, innovation, process innovation.*

## Introducción

Dentro de los primeros expositores de la innovación se encuentra Shumpeter (1939 citado en Mandonado, Fernández y Doiro, 2003), quien manifiesta que “la innovación es el establecimiento de una función de producción nueva, es decir, un nuevo producto, una nueva forma de organización como por ejemplo la fusión y apertura de mercados nuevos”.

El término innovación se ha convertido en un factor clave del desarrollo económico, tecnológico y social de los países. En efecto, la innovación no pasa desapercibida dentro de los sistemas nacionales, y por ello se habla de innovación a cinco niveles (Pineda, 2008):

- A nivel macroeconómico la innovación se refiere a las políticas y estrategias de Ciencia y Tecnología e Investigación y Desarrollo que adoptan los países para generar un entorno favorable a la innovación.
- A nivel mesoeconómico, se refiere a la institucionalidad de la innovación que en muchos casos se refleja en los llamados Sistemas Nacionales de Innovación y/o Sistemas Regionales de Innovación.
- A nivel microeconómico, se refiere a las empresas como los principales dinamizadores del proceso de innovación en PPSMN: productos, procesos, servicios y modelos de negocios.

- A nivel de las innovaciones organizacionales es la necesidad de la gestión de cambio dentro de las organizaciones para poderlas adaptar a los nuevos entornos de competitividad.
- A nivel de las innovaciones sociales, lo cual busca todo proceso de innovación que es conducir a mejoras de la calidad de vida. La innovación en cualquiera de los niveles anteriormente mencionados, debe buscar mejoras en la productividad, lo cual deberá conducir a que se trabaje menos y se tengan mayores ingresos, o a que se trabaje más pero también que el nivel de remuneración se vea reflejada en su capacidad de ahorro, y mejoras en la calidad de vida de la población.

La innovación hace referencia a todo cambio, basado en conocimiento de cualquier tipo, siempre que genera valor y cuando tenga consecuencias económicas directas. Evidentemente, entre ellas están las innovaciones tecnológicas, que son las que generan más beneficios porque no solamente son causa de mejores prestaciones en la oferta de la empresa sino que son más difícilmente imitables y por lo tanto se mantienen en el mercado mayor tiempo como novedad.

La innovación juega un papel importante en la competitividad de los sectores, tal como lo expone Porter (1990): “La competitividad de una nación depende de la capacidad de su industria para innovar y mejorar. La empresa

consigue ventaja competitiva mediante innovaciones”.

El OCDE (2005), sostiene que la innovación es la implantación de un producto, proceso o servicio nuevo o significativamente mejorado. Así mismo, la innovación será un nuevo método de comercialización, un nuevo método de organización para la práctica del negocio o una nueva forma de relaciones externas.

Según el criterio del OCDE (2005), las actividades que permiten llevar el conocimiento tecnológico al mercado se clasifican en tres grupos:

El primero, “actividades de generación y adquisición de conocimiento” formado por la I+D realizada o financiada por la empresa y la compra de inmovilizado material e inmaterial (licencias, patentes, Know-how, etc.).

El segundo, “preparación para la producción”, donde se incluyen el diseño e ingeniería del producto, la ingeniería de proceso y las llamadas pre-series de producción.

El tercero, “preparación para la comercialización”, modelos de negocio donde se logre una evidente generación de valor.

Se puede considerar como innovación a todo cambio que genera valor para la empresa. Si los nuevos productos, procesos o servicios no son aceptados por el mercado, no existe innovación.

Diversas metodologías aceptadas internacionalmente, constituyen las referencias clásicas en la tipificación de conceptos y medición de los insumos y los resultados económicos y tecnológicos de la I&D y la innovación. Entre ellas encuentran el Manual de Frascati, el Manual de Oslo y el Manual de Bogotá. Según en el Manual de Oslo de la OCDE las actividades de innovación tecnológica de producto-proceso (TPP), la define como todos aquellos pasos científicos,

organizacionales, financieros y comerciales orientados a la implementación de productos o procesos nuevos o tecnológicamente mejorados. Algunos pueden ser propiamente innovativos en sí mismos, mientras que otros pueden no ser novedosos, pero si necesarios para la implementación. Según el Manual de Bogotá, las innovaciones según su tipo, “comprenden los productos y procesos implementados tecnológicamente nuevos, como también las mejoras tecnológicas de importancia producidas en productos y procesos. Se considera que una innovación TPP ha sido implementada si se la introdujo en el mercado (innovación de producto) o si se la usó dentro de un proceso de producción (innovación de proceso)”. En la presente investigación sólo se consideran las innovaciones de producto y proceso.

Según el grado de novedad la innovación se puede clasificar en (Imai, 1989):

*Innovación radical:* tiene su origen en una teoría científica o en un avance tecnológico cuantitativamente importante. Para conseguir esta innovación normalmente se requiere de personal científico muy cualificado.

*Innovación incremental:* consiste en realizar mejoras sobre la tecnología existente, que modifican sustancialmente la capacidad competitiva de la empresa a largo plazo, pero permite conseguir importantes ahorros en costos, así como mejoras funcionales en productos.

*Innovación imitativa:* es un caso de innovación incremental, cuyo objetivo es copiar la esencia de una tecnología de la competencia, para mejorarla después funcionalmente.

En la elaboración de la caracterización de la innovación tecnológica de las empresas del sector cerámico del área metropolitana de Cúcuta, se tuvo en cuenta medir la capacidad de innovación y el proceso de innovación, bajo lo expuesto por los diferentes enfoques que se presentan a continuación.

Los factores determinantes de la capacidad innovadora comprenden aspectos tanto de carácter interno como externo. Dentro de los *determinantes internos* se encuentran:

El carácter innovador de las empresas viene determinado, en gran medida, por los factores internos de las mismas (Hadjimanolis, 2000). Estos factores se basan en los recursos, capacidades y competencias, que permiten a las empresas diferenciarse a través de ventajas competitivas sostenibles, basadas en la singularidad, la complementariedad de los recursos y la dificultad para ser copiadas.

Al considerar los factores internos, conviene distinguir entre el capital humano y las características organizacionales.

Dentro del capital humano, se consideran características como la edad del emprendedor (Lasch y Yami, 2007), donde ofrecen una reseña de varios estudios que demuestran cómo los emprendedores innovadores son, en promedio, de dos a cinco años mayores que aquéllos no innovadores. No obstante, la edad está relacionada con el nivel educativo, cuyo efecto tiene un impacto positivo en la innovación. Levenburg y Kosalge (2006) demostraron que la educación de quienes dirigen la empresa es un determinante positivo en la adopción de innovaciones tecnológicas. La educación aumenta la complejidad cognitiva, permitiéndole al emprendedor tener una visión más amplia y abierta hacia la innovación. Por tanto, un mayor nivel educativo está relacionado con una mayor capacidad de innovación.

Dado que las empresas innovadoras se caracterizan por tener líderes dispuestos a asumir riesgos (Khan y Manopichetwattana, 1989), se puede pensar que la motivación, autonomía y autoconfianza del emprendedor influyen positivamente en la capacidad para innovar de la empresa.

Dentro de estas características organizacionales se encuentra la inversión inicial. Según Lasch et al. (2007), la disponibilidad

de un fuerte capital inicial incide en el crecimiento de las empresas tecnológicas, donde la innovación es fundamental. En cierta forma, una mayor inversión inicial produce un impacto positivo en la capacidad de innovación, debido a que concede solvencia económica a la empresa para empezar sus actividades con un tamaño óptimo, evitando así obstáculos que puedan asfixiar la innovación.

La edad de la empresa se considera otra característica importante. Goode y Stevens (2000) determinaron que las empresas consolidadas eran más propensas a innovar que las más jóvenes, debido a su experiencia y disponibilidad de recursos para adoptar innovaciones.

Las empresas también pueden ser más innovadoras compitiendo en mercados internacionales, donde la existencia de una mayor rivalidad hace que la innovación constituya una vía necesaria para sobrevivir. De hecho, la intensidad de exportación es mayor entre las empresas intensivas en I+D e innovación (Bleaney y Wakelin, 2002).

La composición del equipo emprendedor es otra característica organizacional que influye en la capacidad para innovar (Souitaris, 1999). Una parte de la teoría sostiene que el éxito en la toma de decisiones aumenta cuando el emprendedor es apoyado por un equipo de socios fundadores (Schutjens y Wever, 2000). Las ventajas de dicho apoyo radican en la complementariedad de los socios, la disponibilidad de un mayor stock de conocimiento y la división de las tareas (Lasch et al., 2007).

El tamaño de la empresa se ha asociado al éxito de la misma (Geroski, 1995; Agarwal y Audretsch, 2001). Las grandes empresas tienen mayores recursos, habilidades, experiencia y probabilidades de supervivencia que las pequeñas.

Dentro de los *determinantes externos*, se puede distinguir, la dimensión del entorno

vinculada a la actividad económica y la dimensión del entorno relacionada con el área geográfica en el que se localiza el negocio.

Noronha et al. (2006) sostienen que las condiciones del entorno pueden afectar a la capacidad de innovación de las pequeñas empresas. El entorno en el que nacen las nuevas empresas, desempeña un papel clave a la hora de definir y determinar el comportamiento estratégico que vayan a desarrollar éstas durante su etapa de infancia.

Dentro del proceso de innovación de un sector industrial, a menudo se diferencia la fase exploratoria de la fase de explotación de la innovación (Acs y Audretsch, 1990). Determinados sectores industriales se encuentran en una fase incipiente dentro del ciclo de vida del sector, lo que hace suponer que el esfuerzo en innovación sea principalmente de carácter exploratorio. Es decir, se invierte mucho en I+D+i con el fin de que en un futuro, más o menos cercano, se pueda desarrollar y comercializar exitosamente un nuevo producto que por lo menos rentabilice la inversión realizada durante la fase de I+D+i.

Las características propias del enclave geográfico en el que se ubica la nueva organización, es otro factor que se debe considerar. No todas las regiones tienen la misma capacidad de innovación. Existe una variabilidad patente de la actividad de innovación entre distintas regiones. Por ello, se considera necesario añadir el factor de territorialidad en el análisis del efecto que ejerce el entorno en la propensión de innovar de una organización.

El Manual de Bogotá, propone un set de indicadores a tener en cuenta en el proceso de medición de la capacidad y proceso de innovación, dentro de los cuales se encuentran: identificación de la firma, desempeño económico de la empresa, actividades de innovación (indicadores de gasto y de frecuencia), resultados de la innovación, objetivos de la innovación,

fuentes de información para la innovación, financiamiento de la innovación, relación con el sistema nacional de innovación, factores que afectan la innovación, y evaluación de políticas gubernamentales en materia de innovación, ciencia y tecnología y competitividad.

Considerando la importancia que el sector cerámico representa para el Norte de Santander (Comisión Regional de Competitividad Norte de Santander, 2010) y las manifestaciones de apoyo que se han brindado por medio de la Gobernación de Norte de Santander, la Universidad Francisco de Paula Santander, el Consejo Departamental de la Ciencia y Tecnología de Norte de Santander, y Colciencias, a través de diferentes proyectos tendientes a la conformación e implementación del Clúster Cerámico, se justifica el desarrollo de esta investigación porque proporciona información suficiente para la comprensión de los procesos de innovación tecnológica en el contexto local, los factores que los afectan y sus impactos, los cuales servirán como insumo estratégico para los tomadores de decisiones en el ámbito académico, empresarial y político, sobre el fomento de la innovación tecnológica, factor importante para generar una ventaja competitiva.

## *Materiales y métodos*

La población de la investigación, está conformada por 59 empresas cerámicas, registradas ante la Cámara de Comercio de Cúcuta a fecha de junio de 2007, las cuales se encuentran ubicadas en los municipios de Cúcuta, el Zulia, Los Patios, Villa del Rosario y San Cayetano. La muestra se determinó apoyándose en la fórmula de Weiers (1986, p.123), la cual fue de 37 empresas. La investigación se desarrolló en las etapas que se exponen a continuación.

**Etapa 1.** Inicialmente, se definieron los indicadores a tener en cuenta para determinar el perfil de la empresa, la capacidad de innovación tecnológica de la empresa y el

proceso de innovación, apoyándose en el marco teórico anteriormente expuesto. Estos indicadores fueron validados por un experto en el área de gestión de tecnología y un experto del sector cerámico.

**Etapa 2.** Con relación a estos indicadores, con el objeto de realizar la caracterización del proceso de innovación en las empresas cerámicas del sector, se diseñó un cuestionario de 49 preguntas, las cuales fueron de diferentes tipo: dicotómicas, selección con única respuesta, selección múltiple, escala likert y preguntas abiertas.

**Etapa 3.** Se realizó la validación de contenido, por medio de revisión de expertos, donde se consultó a tres (3) investigadores de las áreas de estadística, metodología de la investigación y en gestión de tecnología.

**Etapa 4.** Posteriormente se realizó una prueba piloto a 10 empresas, donde se observó que las preguntas fueron contestadas por todas las empresas y no se presentó inconvenientes en su comprensión, y el tiempo promedio de diligenciamiento fue de 25 minutos.

**Etapa 5.** Se determinó la confiabilidad del cuestionario en las preguntas tipo escala, utilizando el modelo expuesto por Cronbach (1951), donde se obtuvo un nivel de confiabilidad alto, en las diferentes escalas que fue de 0,81, 0,89 y 0,83.

**Etapa 6.** Los datos recolectados se ordenaron, procesaron y analizaron utilizando la estadística descriptiva, de Microsoft Office (Excel).

**Etapa 7.** Los resultados del proceso de medición de la capacidad de innovación tecnológica y el proceso de la innovación, se sintetizaron a través de perfiles, donde identificó el nivel de contribución de cada dimensión analizada para estas variables, utilizando la siguiente escala: nulo (0 al 5%), muy bajo (6 al 40%), bajo (41 al 70%), alto (71 al 90%), muy alto (91 al 100%), y se clasificó cada indicador dependiendo

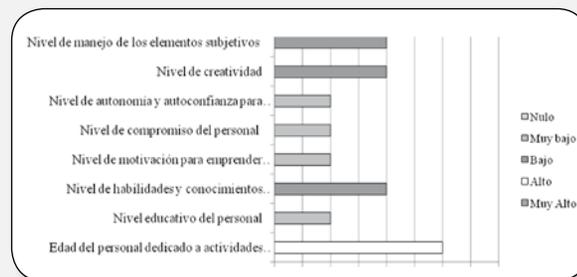
de los resultados favorables obtenidos. Los resultados obtenidos en esta fase, se presenta en el siguiente numeral.

**Etapa 8.** Corresponde a las conclusiones del estudio, las cuales se presentan al final del presente artículo.

## Resultados y discusión

**Capacidad de innovación tecnológica.** A partir de la información analizada en cada una de las dimensiones de la capacidad de innovación, se sintetizó a través de una escala de 5 niveles, que permite medir la contribución de cada indicador a la capacidad de innovación tecnológica.

**Figura 1.** Nivel de contribución de la dimensión de capital humano a la capacidad de innovación tecnológica de las empresas del sector cerámico del área metropolitana de Cúcuta

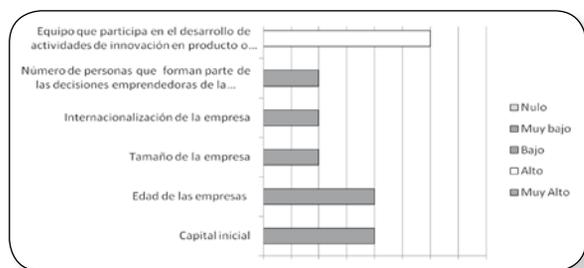


Se puede observar en la figura 1, que el capital humano representa una debilidad para la capacidad de innovación de las empresas, ya que su personal no cuenta con el conocimiento técnico, la motivación y emprendimiento necesario para asumir riesgos y afrontar el desarrollo de actividades de I+D+I. De acuerdo a los datos obtenidos se pudo observar que, en las empresas que han desarrollado algún tipo de innovación en producto o proceso, el personal encargado de estas actividades se caracteriza en su mayor parte por tener una edad entre 30 y 40 años con un 38%, y entre 40 y 50 años con un 31%, lo cual evidencia la importancia de la experiencia y conocimiento del proceso para emprender este tipo de actividades, lo cual coincide con lo expuesto por Lasch et al., (2007) quienes

señalan que los emprendedores innovadores son, en promedio, mayores que aquellos no innovadores. Con respecto al nivel educativo, se observa que en las empresas del sector cerámico, la mayor parte del personal a nivel administrativo posee estudios profesionales, seguidos de los estudios de secundaria, y una mínima cantidad posee estudios a nivel especialistas y magister. A nivel de producción es muy poco el personal con estudio de pregrado, predominando la presencia de personal con estudio de primaria y secundaria.

De acuerdo a lo expresado por Levenburg et al. (2006) el nivel de formación es un factor importante para la adopción tecnológica en las industrias, por lo cual se puede inferir que el bajo nivel de formación que tiene el personal de las empresas del sector cerámico limita su capacidad de innovación. Por otra parte, existe una baja cultura organizacional orientada hacia la innovación, donde los empleados se limitan únicamente a realizar su trabajo rutinario sin hacer ningún aporte que contribuya a la mejora de los procesos o al desarrollo de nuevos productos. Esta situación no favorece la capacidad de innovación de las empresas, de acuerdo a lo expuesto por Khan y Manopichetwattana (1989), quienes manifiestan que las empresas innovadoras se caracterizan por tener líderes dispuestos a asumir riesgos.

**Figura 2.** Nivel de contribución de la dimensión de los aspectos organizacionales a la capacidad de innovación tecnológica de las empresas del sector cerámico del área metropolitana de Cúcuta

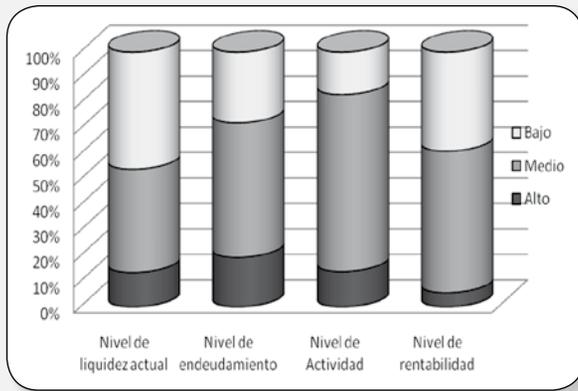


En la figura 2, se muestra que en las empresas existe un nivel de contribución muy bajo para la capacidad de innovación, en relación al tamaño de la empresa, su actividad

de internacionalización y el número de personas que forman parte de las decisiones emprendedoras; en un nivel bajo se encuentra la edad de las empresas y el capital inicial; y en un nivel alto se encuentra el equipo que participa en el desarrollo de las actividades de innovación. Se puede deducir que el componente organizacional de las empresas se encuentra poco sólido y favorable para la actividad de innovación, de acuerdo a lo expuesto por los siguientes autores: Lasch et al. (2007), la disponibilidad de un fuerte capital inicial incide en el crecimiento de las empresas tecnológicas, donde la innovación es fundamental; Goode y Stevens (2000), señalan que las empresas consolidadas son más propensas a innovar, debido a su experiencia y disponibilidad de recursos para adoptar innovaciones, por lo que la condición de tener empresas tan jóvenes en el sector cerámico, no favorece la actividad innovadora; Geroski (1995) y Agarwal y Audretsch (2001), exponen que las grandes empresas tienen mayores recursos, habilidades, experiencia y probabilidades de supervivencia que las pequeñas; Bleaney y Wakelin (2002), afirman que las empresas son más innovadoras compitiendo en mercados internacionales; y Schutjens y Wever (2000), expresan que el emprendedor debe ser apoyado por un equipo complementario donde exista un mayor stock de conocimiento.

En la figura 3, se puede observar, en forma general, que la mayor parte de las empresas presentan un nivel financiero medio - bajo, y solo un porcentaje pequeño presenta un nivel financiero alto. El nivel financiero de las empresas del sector cerámico, no favorece la capacidad de innovación ya que no existe la suficiente solvencia económica que permita a las empresas invertir constantemente en actividades de investigación y desarrollo tecnológico para obtener resultados a mediano o largo plazo.

Figura 3. Nivel financiero de las empresas



En la figura 4, se muestra que en las empresas existe un comportamiento muy bajo de exploración de las actividades de I+D, lo cual limita su nivel tecnológico y capacidad de aprendizaje para lograr avanzar y obtener innovaciones de mayor valor agregado producto de la investigación y desarrollo, y no de la imitación y adaptación.

Figura 4. Nivel de contribución de la dimensión del comportamiento de la exploración de I+D a la capacidad de innovación tecnológica de las empresas del sector cerámico del área metropolitana de Cúcuta.

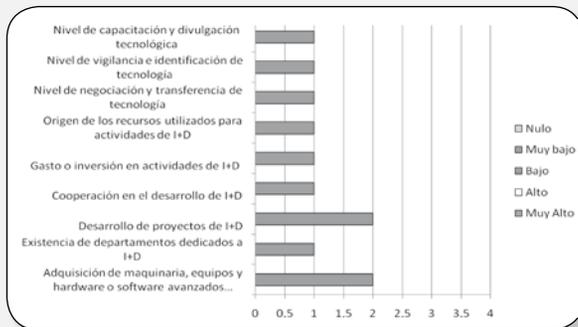
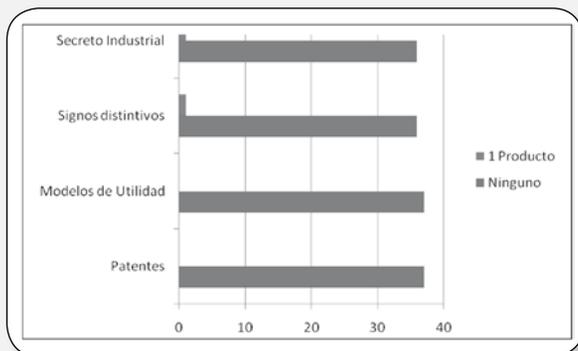


Figura 5. Número y tipo de protección que han adquirido las empresas para sus innovaciones tecnológicas en los últimos 5 años



En relación a la actividad de explotación, se puede observar en la figura 5 que es nula la protección que se le ha dado a las innovaciones tecnológicas realizadas en las empresas, ya que su nivel es de tipo imitativo e incremental, lo cual no representa un grado novedoso que permita su protección a través de una patente o modelo de utilidad. Esta situación limita su nivel tecnológico y capacidad de aprendizaje para lograr avanzar y obtener innovaciones de mayor valor agregado producto de la investigación y desarrollo, de acuerdo a lo expresado por Acs y Audretsch (1990). Por lo tanto, hasta que no exista un nivel adecuado de exploración de I+D no se podrá obtener productos que se puedan proteger para ser explotados y comercializados.

Procesos de innovación

Se sintetizó la información analizada en cada uno de los indicadores que se utilizaron para determinar el perfil de la innovación, a través de la escala de 5 niveles, donde se midió la contribución de cada indicador al procesos de innovación.

Figura 6. Grado de desarrollo alcanzado por las innovaciones tecnológicas en las empresas del sector cerámico del área metropolitana de Cúcuta



En la figura 6, se refleja que el perfil de las innovaciones tecnológicas llevadas a cabo en las empresas del sector cerámico, presentan un grado de desarrollo muy bajo en cuanto al alcance de las innovaciones, la formalización del proceso de innovación, el grado de innovación y los resultados alcanzados; en un grado de desarrollo bajo se encuentran las fuentes de las innovaciones y el tipo de

innovación desarrollada, y en un grado alto se encuentra los objetivos que persiguen los procesos de innovación. Con respecto a los factores que dificultan la innovación tecnológica se consideran que estos representan un nivel alto de obstáculo en el desarrollo del proceso de innovación. Se puede deducir que el perfil de las innovaciones alcanzadas por las empresas del sector cerámico representan un bajo grado de desarrollo, básicamente por la informalidad de los procesos de innovación, los cuales no son fruto de las actividades de I+D, el carácter adaptativo e incremental de los desarrollos exógenos, la mínima articulación de las empresas con el entorno, el bajo capital humano competente para la innovación, la escasa cantidad de recursos asignados a infraestructura y desarrollo de las actividades de I+D.

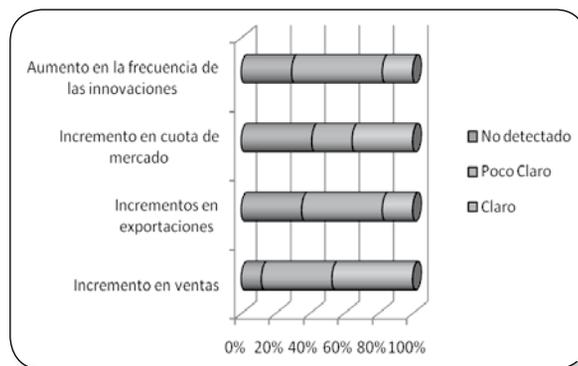
Dentro de los factores humanos que las empresas consideran que obstaculizan las actividades de innovación se encuentran la falta de personal calificado con una participación del 44%, resistencia al cambio en un 31%, falta de experiencia del personal con un 19%, y reducción del empleo en un 6%. Estos resultados ratifican el bajo nivel de formación que tienen los empleados donde no existen personas a nivel de producción que posean estudios de postgrado de maestrías y doctorados, que permitan aumentar el dinamismo de los procesos de investigación y desarrollo tecnológico.

De igual forma la resistencia al cambio es un factor obstaculizador, ya que más del 60% no ha realizado ningún proceso de innovación y ha continuado con sus productos y procesos tradicionales. Dentro de los factores económicos, se encuentran la dificultad de obtener financiamiento con un 43%, el riesgo económico con un 37%, riesgo técnico y periodo de retorno muy largo con un 8% cada uno y difícil control de gastos de innovación con un 4%. A pesar de las diferentes fuentes de financiación que existen en el país para promover la innovación y competitividad de las mipymes las empresas consideran que los procesos y requisitos para acceder a los

recursos son muy complejos, y que no cuentan con la experiencia, personal capacitado y la contrapartida necesaria.

Con base a los hallazgos encontrados en los procesos de innovación realizados en las empresas cerámicas del área metropolitana de Cúcuta, se puede inferir que siguen la misma tendencia de los resultados obtenidos en la industria colombiana (Malaver y Vargas, 2004), donde la mayoría de las empresas se caracterizan por tener procesos informales de innovación los cuales son emergentes y buscan atender básicamente la demandas de los clientes, sus capacidades tecnológicas se construyen a nivel intermedio a través de la explotación, adaptación y desarrollo de las tecnologías incorporadas y las innovaciones en producto son las que más predominan en las empresas.

**Figura 7.** Nivel de impacto económico observado con las innovaciones tecnológicas en producto o proceso



En la figura 7, se observa que el impacto de las innovaciones tecnológicas en productos o procesos, que las empresas del sector cerámico han evidenciado de forma más clara, es el incremento en las ventas; seguido en menor medida del incremento de la cuota de mercado y de forma poco clara del incremento de las exportaciones y del aumento en la frecuencia de las innovaciones. Estos resultados están relacionados con el objetivo expuesto en los procesos de innovación de productos los cuales son la apertura de nuevos mercados y la ampliación de la gama de productos.

### Actores que intervienen en los procesos de innovación tecnológica de las empresas cerámicas del área metropolitana de Cúcuta y tipo de aporte que realizan

Partiendo de la información analizada de las encuestas, se pudo detectar que:

- Las empresas poseen una débil articulación con otras empresas o instituciones científicas y tecnológicas para el desarrollo de actividades de I+D, donde solo el 30% de ellas se relacionan para desarrollar este tipo de actividades.
- Las empresas que se relacionan para desarrollar actividades de I+D, lo hacen en mayor proporción con la universidad, los grupos de investigación y los proveedores, seguido en menor proporción con la Corporación Autónoma Regional de Norte de Santander Corponor y los Centros de Investigación.
- El tipo de relación que más predomina entre las empresas del sector cerámico con las otras entidades es la solicitud de información, seguida de la capacitación y la elaboración de ensayos.
- Las instituciones o entidades con las que se relacionan con mayor frecuencia son: la Asociación de Industriales de la Arcilla de Norte de Santander (Induarcillas), Centro de Investigación de Materiales Cerámicos (CIMAC), Universidad, Corporación Autónoma Regional de Norte de Santander (Corponor), Cámara de Comercio de Cúcuta y Proexport Colombia.
- Existe una débil articulación de las empresas del sector cerámico con el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

## Conclusiones

Se estableció el análisis interno de la innovación tecnológica del sector cerámico

del área metropolitana de Cúcuta, lográndose identificar que la mayoría de ellas por su condición de micro, pequeñas y medianas empresas se caracterizan por:

1. Tener debilidad en los aspectos administrativos, organizacionales y tecnológicos.
2. Presentar un bajo nivel en su capital humano, el cual no cuenta con la formación profesional, motivación, autonomía, autoconfianza, creatividad y compromiso para asumir retos y potencializar las actividades de I+D.
3. Tener poca solidez en los aspectos organizacionales, los cuales no favorecen las actividades de innovación, por el bajo tamaño y edad de las empresas, la poca actividad de exportación, el bajo capital inicial y el escaso número de personas que forman parte de las decisiones emprendedoras.
4. Poseer un nivel financiero poco favorable para la innovación, por no contar con la suficiente solvencia económica para invertir constantemente en actividades de investigación y desarrollo tecnológico.
5. Contar con un comportamiento muy bajo de exploración de las actividades de I+D, lo que afecta su nivel tecnológico y capacidad de aprendizaje para obtener innovaciones más sistemáticas y de mayor impacto.
6. Carecer de un adecuado nivel de protección del conocimiento, lo cual se deriva de su bajo nivel de exploración de I+D.
7. Tener procesos informales de innovación, donde sobresalen las innovaciones en productos las cuales se caracterizan por ser de tipo imitativo e incremental de los desarrollos exógenos y no como resultado de las actividades de I+D.

Solo el 30% de las empresas del sector

cerámico del área metropolitana de Cúcuta se relacionan con otras empresas o instituciones científicas y tecnológicas para el desarrollo de actividades de I+D. El tipo de relación que más predomina entre las empresas del sector cerámico son: la solicitud de información, la capacitación y la elaboración de ensayos.

Existe una débil articulación de las empresas del sector cerámico del área metropolitana de Cúcuta con el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, lo cual se debe más a la falta de relación que a problemas entre la relaciones de los actores.

Las empresas del sector cerámico del área metropolitana de Cúcuta, deben velar y solicitar que dentro de los Planes de Desarrollo Departamental y Municipal, queden establecidas las apuestas a los sectores productivos, se destinen recursos y prioricen proyectos que favorezcan la competitividad del sector.

Las empresas del sector cerámico del área metropolitana de Cúcuta, deben unirse a la Asociación de Industriales de la Arcilla, Induarcillas, para gestionar mancomunadamente recursos, capacitaciones y apoyo de las diferentes entidades estatales, gubernamentales y municipales que tienen como misión fortalecer los sectores industriales. De igual forma, debe lograrse un mayor acercamiento entre la academia y el sector productivo, donde los grupos desarrollen investigación aplicada que responda a la problemática del sector y a través de los estudiantes de pregrado y posgrado se fomente el desarrollo de trabajos de grado que permitan mejorar los procesos administrativos, de producción, de calidad y tecnológicos, de tal forma de que se vayan minimizando las debilidades y mejorando su posición competitiva.

Se deben emprender en las empresas del sector cerámico la construcción de una cultura innovadora que propicie el desarrollo de ambientes creativos en las diferentes áreas del proceso.

## Agradecimientos

A la Universidad Francisco de Paula Santander y a las empresas del sector cerámico de Norte de Santander, quienes apoyaron el desarrollo de esta investigación.

## Referencias bibliográficas

Acs, Z. J. y Audretsch, D. (1990). **Innovation and Small Firms**. Cambridge: MIT Press.

Agarwal, R. y Audretsch, D. (2001). **Does Entry Size Matter?. The impact of the life cycle and technology on firm survival**. The Journal of Industrial Economics, 49(1), pp. 21-43.

Bleaney, M. y Wakelin, K. (2002). **Efficiency, Innovation and Exports**. Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 64(3), pp. 3-15.

Cronbach, L. J. (1951). **Coefficient alpha and the internal structure test**. *Psychometrika*, 16. Septiembre, p. 291-334.

Geroski, P. A. (1995). **What Do We Know About Entry?**. *International Journal of Industrial Organization*, 13(4), pp. 421-440.

Goode, s. y Stevens, K. (2000). **An Analysis of the Business Characteristics of Adopters and Non-adopters of World Wide Web Technology**. *Information Technology and Management*, 1(1-2), pp. 129-154.

Hadjimanolis, A. (2000). **A Resource-based View of Innovativeness in Small Firms**. *Technology Analysis & Strategic Management*, 12 (2), pp. 263-281.

Imai, M. (1989). **Kaizen, la clave de la ventaja competitiva japonesa**. CEC-S.A: México.

Jaramillo, H.; Lugones, G., y Salazar, M. (2000). **Manual para la normalización de indicadores de innovación tecnológica**

en América Latina y el Caribe, Manual de Bogotá. Bogotá, OEA/RICyT, Tres Culturas.

Khan, A. M. y Manopichetwattana, V. (1989). **Innovative and non-innovative small firms: types and characteristics.** Management Science, 35, pp. 597-606.

Lasch, F.; Le Roy, F. y Yami, S. (2007). **Critical Growth factors of ICT Start-Ups.** Management Decision, 45(1), pp. 62-75.

Levenburg, N.; Magal, S. R. y Kosalge, P. (2006). **An exploratory investigation of organizational factors and e-business motivations among smfoes in the US.** Electronic Markets, 16(1), pp. 70-84.

Malaver, F. y Vargas, M. (2004). **Hacia una caracterización de los procesos de innovación en la industria colombiana. Los resultados de un estudio de casos.** Revista Latinoamericana de Administración, Cladea, Bogotá.

Mandonado, E., Fernández, J.F. y Doiro, M. (2003). **La innovación tecnológica en las organizaciones.** Madrid: Thompson. (pp. 20).

Noronha, M. T.; Cesário, M. y Fernandes, S. (2006). **Interaction between innovation in small firms and their environments: an exploratory study.** European Planning Studies, 14(1), pp. 95-117.

OCDE. (2005). **Manual de Oslo Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación.** Tercera Edición. OCDE-EUROSTAT. Paris-Bruselas. Documento Electrónico, disponible en [http://www.tragsa.es/SiteCollection Documents/Relaciones%20Institucionales%20\(Prensa\)/Publicaciones/Manual\\_de\\_Oslo.pdf](http://www.tragsa.es/SiteCollection Documents/Relaciones%20Institucionales%20(Prensa)/Publicaciones/Manual_de_Oslo.pdf)

Pineda Serna, Leonardo. (2008). **Enfoques alrededor de la gestión estratégica de la innovación.** Documento de trabajo del programa de formación de alto nivel en gestión estratégica de la innovación FANGEI del Centro de Gestión de Conocimiento e Innovación CGCI de la Universidad del

Rosario. Disponible en: <http://ssrn.com/abstract=1316446>

Porter, M. (1990). **The Competitive advantage of nations.** Londres: Mac Millan.

Schutjens, V. y Wever, E. (2000). **Determinants of new firm success.** Papers of Regional Science, 79(2), pp. 135-153.

Soutaris, V. (1999). **Research on the Determinants of Technological Innovation. A Contingency Approach»,** International Journal of Innovation Management, 3(3), pp. 287-305.

Weiers, R. (1986). **Investigación de Mercados.** México: Ed. Prentice Hall.

## Resúmenes de artículos en inglés

### Agent-based Market Research Learning Environment for New Entrepreneurs

**Ambiente de aprendizaje basado en agentes en investigación de mercados para nuevos emprendedores.**

Alejandro Valencia Arias, Oscar Salazar Ospina, Demetrio Ovalle Carranza and Gabriel Awad

**Resumen:** El crecimiento desbordado en la creación de empresas ha hecho que diversos factores, como la gestión eficiente del proceso de creación empresarial se conviertan en un filtro que selecciona las empresas que tendrán más posibilidades de éxito en el mercado. Con el fin de crear mecanismos alternativos para generar know-how en mercados potenciales para nuevos emprendedores, este artículo propone un ambiente de aprendizaje basado en agentes para asistirlos en el aprendizaje de estrategias de investigación de nuevos mercados. Un agente instructor, que sirve como asistente de aprendizaje dentro del ambiente MAS, guía a los nuevos emprendedores a identificar los nichos de mercado más adecuados. La integración de las metodologías MAS-CommonKADS y GAIA junto con los diagramas AUML, se utiliza con el fin de diseñar y desarrollar el ambiente de aprendizaje basado en agentes, denominado MaREMAs. El artículo describe todas las etapas relacionadas con la construcción de MaREMAs enfocándose en la conceptualización, análisis, diseño, desarrollo del prototipo, y su correspondiente validación. Aunque las pruebas desarrolladas en el ambiente de aprendizaje MaREMAs fueron satisfactorias, sin embargo, se propone como trabajo futuro la incorporación al sistema de un módulo estadístico más robusto que permita un mejor análisis de las variables de investigación y de esta forma genere sugerencias más útiles para el emprendedor.

**Palabras Clave:** Ambiente de aprendizaje basado en agentes, estrategias de investigación de mercado, iniciativa empresarial, sistemas de aprendizaje inteligente, ayudantes de aprendizaje.

### Social Presence Approach Within the Question and Answering eLearning Model: An Experiment with a Multi-Agent System

**Enfoque de presencia social en el modelo e-learning de preguntas y respuestas: un experimento con un sistema multi-agente**

Cecilia Avila Garzon, Jorge Luis Bacca Acosta, JosepLluís de La Rosa, Silvia Margarita Baldiris Navarro and Ramon Fabregat

**Resumen:** El modelo de preguntas y respuestas (Q&A) para aprendizaje en línea, esta basado en el aprendizaje colaborativo a través de preguntas que son planteadas por los estudiantes y las respuestas a estas preguntas que son proporcionadas por sus compañeros de clase. En contraste con el modelo clásico en el cual los estudiantes hacen preguntas solamente al profesor. En este artículo se presenta una extensión al modelo Q&A considerando el concepto de Presencia Social (Social Presence) y se propone una medida cuantitativa de este concepto. Además se estudia la evolución de una red social bajo el modelo Q&A teniendo en cuenta la medida de presencia social y la retroalimentación que reciben los estudiantes a las preguntas formuladas y resueltas por los compañeros de clase. El comportamiento de la red social fue simulado utilizando un sistema multi-agente para comparar el modelo de presencia social con el modelo Q&A y con el modelo clásico.

**Palabras Clave:** Presencia social, red social, aprendizaje en línea, modelo de preguntas y respuestas, agente multi-agente.

### Multi-agent Model for Evaluation of Learning Objects from Repository Federations - ELO-index

**Modelo multi-agente para la evaluación de objetos de aprendizaje desde federaciones de repositorios –ELO\_index**

Valentina Tabares Morales, Paula Andrea Rodríguez Marín, Néstor Darío Duque Méndez, Rosa Maria Vicari and Julian Moreno Cadavid

**Resumen:** La disponibilidad, la reusabilidad y la relevancia son características deseables a la hora de garantizar la calidad de Objetos de Aprendizaje (OA) y, debido a ello, la implementación de métricas para tales características es importante en su evaluación. Este artículo describe un enfoque que emplea un sistema multi-agente para la evaluación de OAs, aplicando diferentes métodos y métricas para finalmente ponderarlas y así obtener un índice llamado ELO\_Index. A partir de los metadatos como fuente de información, las métricas usadas para calcular el índice propuesto son completitud, consistencia y coherencia. El índice obtenido puede ser utilizado para recomendar OAs mapeando metadatos con palabras clave suministradas por el usuario, pero también para administrar el repositorio en el cual están almacenados los OAs, evaluando su calidad antes de estar disponibles a los usuarios.

**Palabras Clave:** Evaluación de objetos de aprendizaje, métricas, sistema multi-agente.



## TARJETA DE SUSCRIPCIÓN

REVISTA DE LA UNIVERSIDAD  
FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

NOMBRES: \_\_\_\_\_

APELLIDOS: \_\_\_\_\_

ENTIDAD/INSTITUCIÓN: \_\_\_\_\_

CARGO: \_\_\_\_\_

DIRECCIÓN: \_\_\_\_\_

CIUDAD: \_\_\_\_\_ ESTADO/DPTO.: \_\_\_\_\_

PAÍS: \_\_\_\_\_ ZONA POSTAL: \_\_\_\_\_

TELÉFONO: \_\_\_\_\_ FAX: \_\_\_\_\_

E-MAIL: \_\_\_\_\_

La revista RESPUESTAS es una publicación científica que presenta la producción de trabajos de investigación de la Universidad Francisco de Paula Santander y la comunidad científica en general en todas las ramas del saber, con ISSN: 0122-820X

### Instrucciones:

Diligenciar la tarjeta de suscripción, enviar a: revista RESPUESTAS Universidad Francisco de Paula Santander. Vicerrectoría de Investigación y Extensión. Edificio Semipesados.

Avenida Gran Colombia No. 12E-96 Barrio Colsag Tel: 5776655 Ext. 333 Telefax: 5752854.

e-mail: [respuest@motilon.ufps.edu.co](mailto:respuest@motilon.ufps.edu.co) Cúcuta - Norte de Santander - Colombia.

SUGERENCIAS:

