



**REVISTA DE LA UNIVERSIDAD  
FRANCISCO DE PAULA SANTANDER**

San José de Cúcuta, diciembre de 2012 No. 2  
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

Mawency Vergel  
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, Ph.D

Yebrail Alexis Romero Arcos, Ing. Esp.

## *Reconocimiento a pares evaluadores año 17 No. 2 / 2012*

Ph.D. Cesar Alberto Collazos Ordoñez (Col)  
Ph.D. Helder Manuel Ferreira Coelho (Port)  
Ph.D. Maria Moreno Garcia (Esp)  
Ph.D. Gustavo A. Isaza Echeverri (Col)  
M.Sc. John Fredy Cardona Ospina (Col)  
M.Sc. Eduard Gilberto Puerto Cuadros (Col)  
Ph.D. Nestor Darío Duque (Col)  
Ph.D. Ramon Fabregat (Esp)  
Ph.D. Demetrio A Ovalle Carranza (Col)  
M.Sc. Diana María Cárdenas Caro (Col)  
M.Sc. Jimena Sánchez Nieves (Col)  
M.Sc. Luis Gabriel Marín Collazos (Col)  
M.Sc. Gustavo Alberto Moreno López (Col)  
M.Sc. José Danilo Rairán Antolines (Col)  
M.Sc. Oscar Oswaldo Rodríguez Díaz (Col)  
Esp. Elias Rojas Martínez (Col)  
Ph.D. Giovanni Franco Sepúlveda (Col)  
Ph.D. Manuel Santiago Ocampo Terreros (Col)  
Ph.D. Jorge Eliécer Córdoba Maquilón (Col)  
Ph.D. Miller Salas Rondón (Col)  
Esp. David Santos Montero (Col)  
Ph.D. Manuel J. Caro Encalada (Mex)  
Ph.D. Ernesto Fidel Cantillo Guerrero (Col)  
M.Sc. Crispulo Enrique Deluque Toro (Col)  
Ph.D. Armando Sarmiento Santos (Col)  
Ph.D. Ismael Prieto Fernández (Esp)  
Ph.D. Julio E. Rodríguez L. (Col)  
Ph.D. Jorge Eliezer Martínez (Col)  
Ph.D. Diego Barragán (Col)

# Contenido

|  |     |
|--|-----|
| Editorial  | 4   |
| Automatic Learning of Ontologies for the Semantic Web: A case study on lexical learning<br>Aprendizaje Automático de Ontologías para la Web Semántica: Un caso de estudio para el aprendizaje léxico.  | 5   |
| Potencial de ingresos pasivos para los distribuidores en empresas de mercadeo multinivel con un plan de compensación binario.<br>Potential passive income for distributors in multilevel marketing companies with a binary compensation plan   | 13  |
| Model of Recommendation System for for Indexing and Retrieving the Learning Object based on Multiagent System<br>Modelo para un Sistema de Recomendación para la In-dexación y Recuperación de Objetos de Aprendizaje ba-sado en un Sistema Multi-agente.  | 21  |
| Estandarización de un medio de cultivo a partir de fuentes agroindustriales para la multiplicación de Azospirillum brasilense.<br>Standardization of a culture media from agro-industrial sources for growth of Azospirillum brasilense  | 31  |
| Ubicuidad en sistemas de telecomunicaciones a través de laboratorios virtuales.<br>Ubiquity in communication systems using virtual labs.   | 39  |
| Desarrollo de un módulo didáctico para control angular de un péndulo suspendido.<br>Developing a training module for angle control of a suspended pendulum.  | 48  |
| Evaluación del impacto acústico producido por equipos utilizados en minería subterránea de carbón.<br>Noise impact produced by equipment used in underground coal mining   | 55  |
| Diseño de mezclas bituminosas para pavimentos con alquitrán, usando las metodologías Marshall y Ramcodes.<br>Design of bituminous mix for pavement with coal tar, using Marshall and Ramcodes methodologies  | 63  |
| Caracterización tecnológica y del talento humano de las empresas fabricantes de cerámica roja ubicadas en el Área Metropolitana de Cúcuta.<br>Technological characterization and human talent of the ceramics manufacturing enterprises of red ceramic in the Metropolitan Area of Cucuta  | 71  |
| Producción y Caracterización de Nuevos Materiales Multiferróicos Basados en el Sistema LCMO/BLZTBa <sub>0.9</sub> La <sub>0.067</sub> Ti <sub>0.91</sub> Zr <sub>0.09</sub> O <sub>3</sub> /La <sub>0.67</sub> Ca <sub>0.33</sub> MnO <sub>3</sub><br>Production and characterization of the new multiferroic material based on.the LCMO/BLZTBa <sub>0.9</sub> La <sub>0.067</sub> Ti <sub>0.91</sub> Zr <sub>0.09</sub> O <sub>3</sub> /La <sub>0.67</sub> Ca <sub>0.33</sub> MnO <sub>3</sub> system | 81  |
| Variación de las propiedades térmicas de polvos de carbón en función de la humedad y la distribución del tamaño de grano<br>Variation of thermal properties of coal powder as a function of humidity and grain size distribution   | 93  |
| Exclusión social y nuevas sensibilidades juveniles<br>Social exclusion and new, youthful sensitivities   | 102 |

# Editorial<sup>1</sup>

*“Escribir nos cambia”*  
Maurice Blanchot

Maurice Blanchot<sup>2</sup> fue un importante novelista, ensayista y crítico de origen francés, fallecido en el 2003, que entre sus muchos pensamientos sobre el arte de la producción escritural, sostiene que “No escribimos según lo que somos; somos según aquello que escribimos”. No encontré mejor frase para ilustrar la presente edición de la Revista Respuestas (año 17, Nº 2), cuyo mosaico de temas permiten plantear diversos tópicos de investigación, acordes con las singularidades de los discursos particulares de cada área del saber. Un total de doce (12) artículos, producto de diversas investigaciones en campos aparentemente irreconciliables.

Blanchot plantea la “escritura como gesto de estilo”, es decir, como aquello que nos revela ante el mundo y nos pone en evidencia como seres esenciales, enfrentados a un mundo y a unos problemas concretos, y por supuesto, mediados e impulsados por los afectos, por aquello que “nos mueve el piso”, en el sentido en que lo propone Heidegger<sup>3</sup> o Deleuze<sup>4</sup>. En esta perspectiva, cada texto no sólo concentra un informe o un resultado de investigación, sino, y esto es lo fundamental, la manera de “ser en el mundo” del sujeto que escribe. Lo que nos mueve el piso es el acontecimiento, entendido como la experiencia vital que nos sacude y nos transforma. Escribir es un acto de ser, pero también de estar, hacer y vivir en un mundo en donde existimos por la presencia del otro.

Tal vez esta característica de la Revista Respuestas, favorece la edificación de una Torre de Babel donde confluyen los hallazgos del investigador genial de los sistemas de información (textos 1, 3 y 5), con los resultados de investigaciones sobre materiales (artículos 10 y 11); o los desarrollos investigativos sobre sensibilidades juveniles y la exclusión social (texto 12) con artículos orientados a la reflexión sobre los sistemas administrativos, la gerencia y el mercadeo (textos 2 y 9); O los avances de la agroindustria con los trabajos sobre el impacto acústico, el diseño de mezclas bituminosas, y el desarrollo de un módulo didáctico para el control angular de un péndulo suspendido (textos 4, 6, 7 y 8).

Michel Serres<sup>5</sup>, también francés, filósofo y pedagogo con formación en física y en filosofía, defiende en sus obras la necesidad del “mestizaje” en la ciencia. Para un mundo como el que nos ha correspondido vivir, creer en la objetividad y en la asepsia de la ciencia, significaría, viajar de espaldas a la inter y multi-disciplinarietà, o a contracorriente de la complejidad. Hoy en día, estos rasgos de la cultura constituyen pilares para entender y para hacer ciencia. Serres plantea el “mestizaje” como la posibilidad de fundir lo duro con lo blando, lo material con lo inmaterial, lo simple y lo complejo, lo grande y lo pequeño. Serres también le apuesta a nuevas maneras de conocer, ya no, mediados solamente por el ojo y el oído, sino por los demás sentidos: el olfato, el gusto y el tacto.

Respuestas en su edición 2 del año 17 (2012), propone un “mestizaje” sobre la ciencia: físicos, químicos, pedagogos, ingenieros (minas, mecánicos, electrónicos, civiles, industriales, sistemas), farmacéutas, filósofos, ingenieros agrarios, administradores de empresas, hacen parte del bricolaje escritural del presente número. Todos expresan su “gesto como estilo”, cada cual desde los lentes que usa para intentar su comprensión del mundo, pero todos unidos en el mismo rasgo que los separa: la esencia de su ciencia. Nada aproxima mejor dos puntos distantes que las apariencias de la diferencia, y nada persiste en preservar la unidad que la oposición de los contrarios.

En síntesis, se trata de textos escritos por seres humanos para seres humanos, en tanto que expresan la diversidad en la comprensión del mundo, mostrando diversos caminos, ora la pesquisa en el laboratorio ora la puesta en escena en el gran teatro de la realidad. Ora la simulación en la máquina o el artefacto ora en los pliegues de la sensibilidad humana. Cada uno a su manera, como los niños que van al jardín escolar y dibujan a su familia desde sus intuiciones y habilidades. O como el experimentado escalador de montañas que sabe que su técnica lo puede salvar del incidente imprevisible, pero también su capacidad para improvisar o crear en medio de las dificultades, y la certidumbre que cada vez que vuelva a la montaña, vivirá nuevas experiencias.

Escribir nos cambia, pero también nos aferra en lo que somos, porque nos reafirma en la comprensión de los objetos y de los fenómenos desde los sesgos epistemológicos donde nos situemos. Escribir nos revela pero también nos convierte en nuevos seres. Cuando se escribe sobre ficción o sobre la ciencia, al emerger el texto, ya no somos los que éramos antes de enfrentar la página en blanco. Somos pequeños dioses mostrándonos en los contornos de la escritura, improvisados hechiceros inventando nuevos mundos. He ahí, la razón de ser y el sentir de hacer de la Revista Respuestas: el breve escenario donde nuestros docentes e investigadores criollos e invitados, exponen su parecer sobre el mundo.

Respuestas es una revista científica reconocida por COLCIENCIAS, pero acaso lo científico no está imbuido por la magia de la creación poética: ¿Cuál es el límite que separa la ficción de lo científico? ¿No fue Einstein, el formidable físico del siglo XX, un poeta, un soñador y un hacedor de mundos posibles? ¿Y quién se atreve a negar que nuestro vate García Márquez, premio nobel de literatura, es el científico social, más grande de nuestra historia? ¿o acaso no vivimos en Macondo y el realismo mágico no es el mejor retrato de nuestra cultura latinoamericana?

La facilidad de simular la “realidad” en un ordenador, o la esperanza de encontrar cada día en nuestra arcilla una posibilidad como región, los péndulos que fluyen ante la mirada escrutadora del científico, o la empresa que se puede mejorar con el ingenio del hombre de frontera ¿no son ficciones o sueños con lenguajes científicos propios? O ¿no es la ciencia manifiesta en el ejercicio escritural como se expresa cualquier texto literario? Es lo que convoca esté número de la Revista Respuestas de la UFPS.

<sup>1</sup>Editorial realizada por Jesús Ernesto Urbina Cárdenas, filósofo y Magíster en Pedagogía, doctor en Ciencias Sociales. Director del Grupo de Investigación GIESPPAZ, UFPS.

<sup>2</sup>Maurice Blanchot, Escritor y crítico francés nacido en 1907 y fallecido en el año 2003.

<sup>3</sup>Heidegger, M. (2005). *¿Qué significa pensar?* Madrid: Trotta.

<sup>4</sup>Deleuze, G. (2006). *Diferencia y Repetición*. Buenos Aires, Amorrortu.

<sup>5</sup>Serres, M. (2011). *Variaciones sobre el cuerpo*. México, FCE.

# Automatic Learning of Ontologies for the Semantic Web: experiment lexical learning<sup>1</sup>

Eduard Puerto<sup>2</sup> | Jose Aguilar<sup>3</sup> | Tania Rodriguez<sup>4</sup>

Recibido:  
Abril 20 de 2012

Aceptado:  
Junio 2 de 2012

<sup>1</sup>Acknowledgements. Thanks to the CDCHT Project I-1237-10-02-AA of the Universidad de los Andes, to the 2994 project of FONACIT-PEII, and to the project "Motor de búsqueda basado en ontologías" of the Universidad Francisco de Paula Santander.

<sup>2</sup>Universidad Francisco de Paula Santander, Dpto de Sistemas e Informática. I.S, M.Sc en Ciencias de la computación. Cúcuta, Colombia  
e-mail:  
eduardpuerto@ufps.edu.co

<sup>3</sup>Universidad de Los Andes (República Bolivariana de Venezuela) Facultad de Ingeniería, Sector la Hechicera, Director del CEMISID (Centro de Investigaciones en Microcomputación y Sistemas Distribuidos) Ph.D en Inteligencia Artificial  
e-mail:  
aguilar@ula.ve,

<sup>4</sup>Universidad de Los Andes (República Bolivariana de Venezuela) Facultad de Ingeniería, I.S, Estudiante de Doctorado en Ingeniería.  
e-mail:  
tania@ula.ve

## Abstract

*This paper proposes the design of a System for Automatic Learning of Ontologies and Lexical Information (SALOX) for the Dynamic Semantic Ontological Framework for the Semantic Web (DSOFSW). DSOFSW interprets query in natural language (Spanish) to the web, and is composed by five parts; a linguistic ontology for the grammar of Spanish, a lexicon for the lexical information, a database of facts about the system experiences, a task ontology for the linguistic analysis process, and an interpretative ontology of the context. SALOX integrates several methods, approaches and techniques for information extraction, discovery and actualization (pragmatic (user profile, context knowledge), lexical and semantic linguistic information, etc.) in order to update the knowledge used for DSOFSW. SALOX has a component to map the sources of learning with the learning methods, and another to update the linguistic ontology and the lexicon of the DSOFSW. Specifically, in this paper we present the design of the learning unit of lexical information.*

**Keywords:** *Natural language processing, ontological semantic, machine learning, ontological leaning, semantic web.*

## Resumen

*Este artículo propone el diseño de un sistema para el aprendizaje automático de ontologías e información léxica (System for Automatic Learning of Ontologies and Lexical Information - SALOX) para un Marco Ontológico Dinámico Semántico para la Web Semántica (Dynamic Semantic Ontological Framework for the Semantic Web – DSOFSW). DSOFSW interpreta consultas en lenguaje natural (español) para la Web, y está compuesta por cinco partes: una ontología lingüística para la gramática del español, un lexicon para la información léxica, una base de datos de hechos sobre el sistema de experiencias, una ontología de tareas para los procesos de análisis lingüísticos, y una ontología interpretativa para el contexto. SALOX integra varios métodos, enfoques y técnicas para la extracción de información, descubrimiento y actualización (pragmática (perfil*

*de usuario, conocimiento de contexto), información léxica y de lingüística semántica, etc.) con el fin de actualizar el conocimiento usado para DSOFSW. SALOX tiene un componente que mapea las fuentes de aprendizaje con los métodos de aprendizaje, y otro que actualiza la ontología lingüística y el lexicon del DSOFSW. Específicamente, en este artículo presentamos el diseño de la unidad de aprendizaje de información léxica.*

**Palabras clave:** *Procesamiento de lenguaje natural, semántica ontológica, aprendizaje de máquina, aprendizaje ontológico, web semántica.*

## 1. Introduction

The Web is evolving from a huge information and communication space into a massive knowledge and services repository. One of enablers of the above change is the ontology, commonly referred to as the conceptualization of a domain. Ontology provides a semantic base for the machine-understandable description of digital content [1]. It is ubiquitous in information systems by annotating documents with meta-data, improving the performance of information retrieval and reasoning, and making data between different applications interoperable. In addition, ontology-type semantic description of behaviors and services allows software agents in a multi-agent system to better coordinate themselves. Therefore, ontology development will have a profound impact on a wide range of enterprise applications and knowledge integration [2].

Ontology learning refers to the automatic discovery and creation of ontological knowledge using machine learning techniques. Ontology learning uses methods from diverse fields such as machine learning, knowledge acquisition,

natural language processing, information retrieval, artificial intelligence, reasoning and database management. Ontology learning seeks to discover ontological knowledge from various forms of data automatically or semi-automatically, using previous methods [3].

In this paper we propose a learning architecture that integrates several of these methods in a same system to support the process of interpretation of a query in natural language (Spanish). Additionally, we show in detail the design of one of the learning units, for the case of lexical information. The article is structured as follows. Section 2 presents the Background, section 3 provides a brief description of DSOFSW, section 4 presents the SALOX architecture and the learning unit of lexical information, section 5 some experiments, and finally section 6 presents the conclusions.

## 2. Background

Several ontology learning approaches and systems have been proposed, which are different with each other in some dimensions, which are listed in Table 1.

Table 1. Classification of approaches to ontology learning.

| Dimensions          | Categories   |
|---------------------|--|
| Learning units      | Word and term (single and multi-words)                           |
| Learned elements    | Concepts, relationships (Taxonomy, non-hierarchical), and rules. |
| Data sources        | Document collection, Web Dictionary and user interaction         |
| Learning strategies | Bottom-up, top-down, and hybrid                                  |
| Learning Techniques | Statistics-based, rule-base, and hybrid                          |
| Supported Knowledge | Knowledge from the web or from the users                         |

Of these categories, the more important are the learned elements: i) Concepts: the goal is to discover new concepts as clusters of related terms. ii) Taxonomy: the goal is to discover new hyponymy relations, synonym extraction and term clustering. iii) Relations non-hierarchical: the goal is to discover new relationships between known concepts, and iv) Rules: the goal is to discover new rules, based on the discovering of behavior patterns between the words in a text (inductive learning).

With respect to learning techniques based on statistics, some of them are: Mutual information, concept mapping, and correlation analysis. With respect to learning techniques based on rules, some of them are: Heuristic patterns, dependency analysis, syntactic and

semantic verb frame, concepts induction, semantically tagged corpus [4]. Some hybrid learning techniques are: parsing association, rule analysis, lexica-syntactic pattern, syntactic dependency analysis, lexica-syntactic analysis [5].

Finally, the supported knowledge refers to the source of the knowledge, from the dynamics on the web or on the user. The ontology learning approaches must have a rich knowledge representation and reasoning capabilities, and they must be able to interact with other applications present in the Web.

A variety of approaches, methods, tools and techniques have been applied to ontology learning, some of which are listed in Table 2.

Table 2. Approaches and methods to ontology learning from several sources.

| Sources                    | Description  |
|----------------------------|--|
| From text                  | The Aguirre and colleagues' method enriches concepts in existing Ontologies from text. They use statistical approaches to cluster topics, and the sources used for text learning is WordNet.   |
| From dictionaries          | The Hearst's method creates a thesaurus, and also enriches WordNet with new lexical syntactic relations from dictionary. The technique used is linguistic patterns and the sources used for learning is WordNet, Text.                               |
| From semi-structured data. | The Deitel and colleagues' approach enriches ontology with new concepts and relations. The main technique used is based on graph theory, and the source used for learning is RDF (Resource Description Framework) graph generated from the ontology. |
| From relational schema     | Johannesson's method maps a relational schema to a conceptual schema. The techniques used are mappings techniques, and the sources used for learning are relational schemas.   |

There are tools and systems that assist the ontological engineering performing the knowledge acquisition task, which are listed in Table 3.

Table 3. Tools and systems knowledge acquisition

| System name | Description  |
|-------------|--|
| Doddle-OWL  | (Domain Ontology Rapid Development Environment-OWL). It learns taxonomic and non-taxonomic relations using statistical methods (co-occurrence analysis), exploiting a machine readable dictionary (WordNet) and domain-specific texts.   |
| Hasti       | It is an automatic ontology building system, which builds dynamic ontologies from scratch. It learns words, concepts, relations and axioms in both incremental and non-incremental modes, starting from a small kernel (learning from scratch), using a hybrid symbolic approach: a combination of logical and linguistic information, heuristic methods, etc. |
| Text2ToOnto | It is an ontology learning environment based on a general architecture for discovering conceptual structures from text. They learn concepts and relations from unstructured, semi-structured, and structured data, using a multi-strategy method based on the combination of association rules, formal concepts and clustering.                                |
| WebKb       | It is a system what combining statistical (Bayesian learning) and logical (FOL rule learning) methods to learn instances and instance extraction rules from world wide web documents.  |

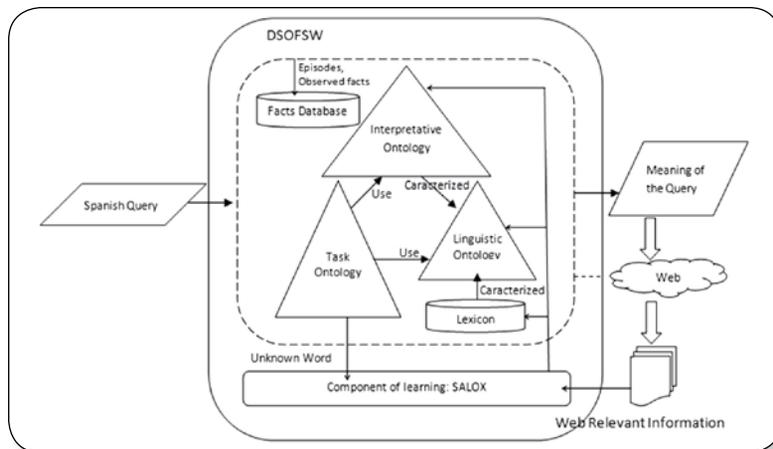
The SALOX system is different from the previous approach because it integrates different learning techniques ontological and lexical in a single System; machine learning, programming inductive, fusion of ontologies, among others.

### 3. DSOFWSW

Currently we work in the design of the Dynamic Semantics Ontological Framework

for the Semantic Web (DSOFWSW) [6]. DSOFWSW interprets query in natural language (Spanish) to the web, and is composed by five parts (see Fig.1): a linguistic ontology for the grammar of Spanish, a lexicon for the lexical information, a database of facts about the system experiences, a task ontology for the linguistic analysis process, and an interpretative ontology of the context. The DSOFWSW requires of SALOX to update the knowledge of the previous parts.

Fig. 1. Dynamic Semantic Ontological Framework



DSOFSW starts with a user query to the web; this query is semantically processed using a lexicon, a linguistic ontology, a task ontology and a domain ontology, in order to determine its meaning. The representation of the meaning of the query is converted in an OWL<sup>1</sup>, sentence to be used by the semantic web. The information recovered of this global process is used as input to SALOX. Additionally, SALOX can receive like input lexical information during the consult interpretation when a query has an unknown word. This is the case which is studied in this paper. The interface among DSOFSW and SALOX for this case is:

**Interface:** *lex\_mor*<sup>2</sup> (*componente léxico, categoría, tipo, genero, número, modo, tiempo, aspecto, voz, persona, instancia\_ontologia\_linguistica*<sup>3</sup>), where “*componente léxico*” is the place for the unknown term, the other fields are properties that are filled with information corresponding to the term.

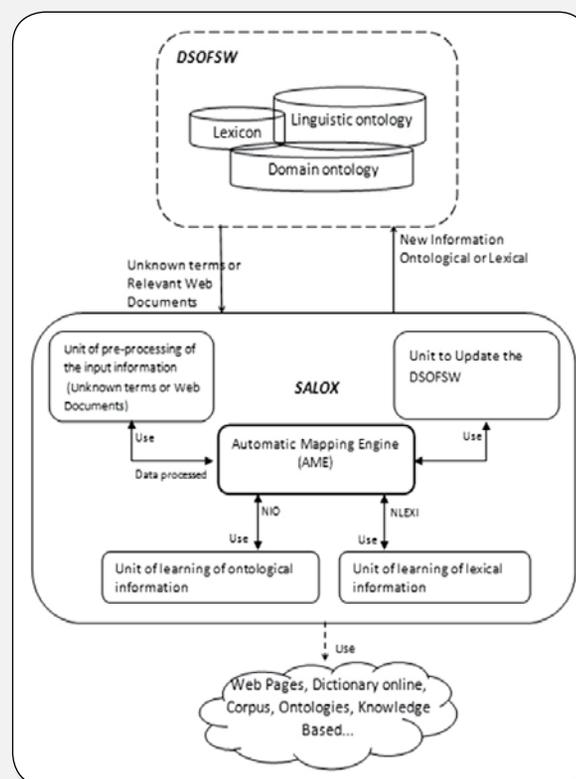
## 4. Salox

SALOX is used for the adaption of DSOFSW to the dynamics of the web and of the users. SALOX considers for this two types of entries (see Fig. 2): unknown terms or relevant web document; in the first case DSOFSW invokes SALOX when it interprets the query and found an unknown terms, and the second case when DSOFSW has recovered information from the Web due to the query. From these two inputs SALOX learns: new lexical information of an unknown term for the first case, and ontological information (new concepts, relationships or properties) for the second case.

SALOX has five components: the first component is the *pre-processing unit* of the input information (unknown terms or information structured (such as databases),

semi-structured (HTML or XML) as well as unstructured (e.g. textual documents)); this unit has like main task to prepare the input information for its exploitation as sources of learning. The output of this component is data pre-processed; characterized/annotated in one standard language (as XML).

Fig. 2. Learning System Infrastructure SALOX



A second component is the *unit of learning of ontological information* which contains a repository of learning techniques of ontological information; this techniques allow the learning of concepts, relations, axioms, merge ontologies, etc (for example, techniques of clustering, inductive analysis, pattern-based extraction, among others, are of interest).

A third component is the *unit of learning of lexical information* which contains a repository of learning techniques of lexical information; this component aims to find lexical

<sup>1</sup>Web Ontology Language: <http://www.w3.org/TR/owl-features/>

<sup>2</sup>*lex\_mor* is the name defined for the defined structure for the lexicon of DSOFSW

<sup>3</sup>*Instancia\_ontologia\_linguistica* is the bridge or interface through which connect mor-photosyntactic processes and semantic analysis.

information about unknown terms (lexical-syntactic meaning). It uses online dictionaries (REA<sup>4</sup>, Wordreference<sup>5</sup>), web pages, etc. In addition, it analyzes the internal structure of the unknown terms (for example, using stemming techniques (to extract sub-words, roots, affixes, etc.), among others).

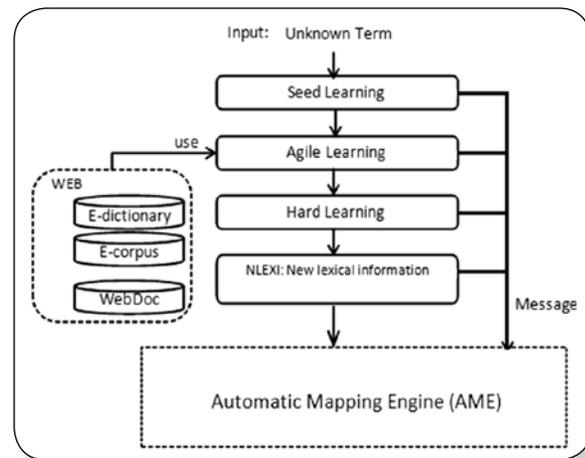
The fourth component is the unit to update the DSOFSW; this unit has like main task to upgrade the different components of DSOFSW (lexicon, its ontologies, etc.); to do this, it invokes the DSOFSW components and applies a set of specialized algorithms for updating and organizing the information in them.

Finally, the Automatic Mapping Engine (AME) component invokes the different units defined previously in order to follow the dynamics of the Web and of the users. The output of AME is new ontological or lexical information; this information is discovered by the unit of learning of ontological information (NOI: New Ontological Information) and by the unit of learning of lexical information (NLEXI: New lexical information).

#### 4.1 Unit of learning of lexical information

This is the only unit detailed in this paper. Particularly, in this section is presented a prototype of this learning component for when there are unknown terms (see fig. 3). This learning type impacts to the lexicon. Such information (unknown terms) is characterized in the *lex\_mor* function, which constitutes the interface of DSOFSW with SALOX. The goal is to learn a set of linguistic information associated with the term (e.g. linguistic categories). For example, if the word is a substantive or adjective then it learns its gender, number and type, if the word is an adverb it learns its type, and if the word is a verb it learns the mode, the tense aspect, the voice, and the person, etc.

Fig. 3. Learning unit of lexical information.



Input: *lex\_mor* (unknown term, null, null ...) which is initially empty.

Output: *lex\_mor* (unknown term, data, data...) filled with the new information discovered.

The unknown term is initially processed by the component of seed learning that uses stemming techniques to extract the constituent parts of the word: to extract sub-words, roots, affixes, etc. Then, both unknown term and its key parts (as the root) are sent to the agile learning component, where search and retrieval algorithms discover relevant information from the web about the different uses of the term (utilization, grammatical information, etc.). Finally, if the unknown term is a verb goes to hard learning component, to be executed by conjugation algorithms. This general procedure generates the NLEXI: new lexical information. If a given component of this unit cannot discover information then messages are generated to report that.

## 5. Experiments

In this case we present the behavior of our prototype for the case of the unit of learning of lexical information. Suppose that during the

<sup>4</sup> <http://www.rae.es/rae.html>

<sup>5</sup> <http://www.wordreference.com/es/>

consult interpretation there is an unknown word “uno”. In this case is called the *lex\_mor* function:

*lex\_mor(uno, null, null, null, null, null, null, null, null, null)*.

The arguments *null* in the *lex\_mor* is because need to be learned. The different responses from SALOX for this example are:

Fig. 4. Found Information by SALOX for this Unknown Word



Figure 4 shows several *lex\_mor* with different meaning possibilities for this unknown word. This information is necessary to continue with the query interpretation where the unknown word (*uno*) is included.

The first row of Figure 4 is “*lex\_mor(‘uno’, ‘sustantivo’, ‘simple’, ‘masculino’, ‘null’, ‘null’, ‘null’, ‘null’, ‘null’, ‘null’)*”, which means that *uno* is a substantive category, of type simple and genre masculine. Another possible meaning is (see line 9): “*lex\_mor(‘uno’, ‘verbo’, ‘null’, ‘null’, ‘null’, ‘modo indicativo’, ‘yo’, ‘presente’, ‘null’, ‘null’, ‘null’)*”, that is *uno* is the first person of the present of the verb “*unir*”. We can make the same analysis for the rest of *lex\_mor* rows.

Now, we evaluate the quality of SALOX, specifically to learn lexical information. At

the beginning we suppose that the lexicon contains only two verbs (*ser, estar*), some articles, adjectives and pronouns, all of which were entered manually into the lexicon. Then, we make 500 queries to prove if the lexicon grows (if we learn new terms (nouns and verbs) that were in the queries) [7]. The results are shown in Table 4.

We can see that 28% of the nouns were proper names, and normally they are not stored in traditional electronic dictionaries (WordReference.com, etc.) and 2.4% that are not learned correctly correspond to not common nouns (such as acronyms, UFPS, PDVSA, etc.). With respect to verbs, 98.8% of regular and irregular verbs were learned correctly, and only 3.2% are not learned properly (some irregular verbs that can’t be described by a rule or pattern, so these verbs are not implemented in our learning component).

Table 4. Learning result.

| Nouns   | Learning | Not learning | Not found |
|---------|----------|--------------|-----------|
| Terms   | 174      | 6            | 70        |
| Percent | 69,6%    | 2,4%         | 28 %      |
| Verbs   | Learning | Not learning | Not found |
| Term    | 232      | 3            | 10        |
| Percent | 98,8%    | 3,2 %        | 4, %      |

## 6. Conclusions

In this paper we presented an architecture of automatic learning for DSOFSW and the design of the learning unit of lexical information. In general, DSOFSW allows the interpretation of a web query of an user in natural language. The learning component is characterized by a set of techniques of learning of lexical or ontological information. SALOX identifies unequivocally the structure to impact inside.

Our lexical learning prototype can work how a web searcher of lexical information for Spanish language. The current tools for the morphological analysis in Spanish (e.g.

STYLUS<sup>6</sup>. Morph syntactic tagger<sup>7</sup> developed by the Computational Linguistics Center at the University of Las Palmas de Gran Canarias, Morphological – Tagger<sup>8</sup> developed by the Language and Computing center at the University of Barcelona) have not a learning component that dynamically updates the lexicon or dictionary, our component could be used in them. Next works will be developing the rest of the components of SALOX, specifically to learn concepts, taxonomic and non-taxonomic relationships, and axioms (very important for updating the ontologies of DSOFWS) from the web documents recovered by the queries.

6. Rodriguez T, Aguilar J, Puerto E.: Dynamic Semantics Ontological Framework for Web Semantics, 9th WSEAS Int.Conf. On Computational Intelligence, Man-Machine Systems and Cybernetics (CIMMACS '10), Mérida-Venezuela. pp. 91-98. (2010)
7. Rodriguez, T. Aguilar J.: Task Ontology for Lexical–Morphological Analysis of Dy-namic Semantic Ontological Framework for the Semantic Web. Conferencia Latino-americana en Informática (CLEI)'2011. Quito-Ecuador. (2011)

## 7. References

1. Staab, S., Studer, R.: Handbook on Ontologies, International Handbooks on Information Systems. p. 617. Berlin Springer (2005)
2. Lin, H.K., Harding J.A.: A manufacturing system engineering ontology model on the semantic web for inter-enterprise collaboration, Computers in Industry, v.58 n.5, pp.428-437 (2007)
3. Wong, W.: Learning Lightweight Ontologies from Text across Different Domains using the Web as Background Knowledge. Doctor of Philosophy thesis, University of Western Australia (2009)
4. Amal, Z., Dragan G., Marek H.: Towards open ontology learning and filtering, Information Systems, v.36 n.7, pp.1064-1081. (2011)
5. Zhou, L.: Ontology learning: State-of-the-art and open issues. Information Technology and Management, 8(3), pp. 241–252. (2007)

<sup>6</sup><http://stilus.daedalus.es/herramientas.php?op=pos>

<sup>7</sup>[http://www.gedlc.ulpgc.es/investigacion/desambigua\\_morfosintactico.htm#art](http://www.gedlc.ulpgc.es/investigacion/desambigua_morfosintactico.htm#art)

<sup>8</sup>[http://clic.fil.ub.es/demo\\_morfo/etiqa.php?Aid=2\\_0\\_2&Aidioma=1](http://clic.fil.ub.es/demo_morfo/etiqa.php?Aid=2_0_2&Aidioma=1)

# Potencial de ingresos pasivos para los distribuidores en empresas de mercadeo multinivel con un plan de compensación binario<sup>1</sup>

Sebastián Robledo - Giraldo<sup>2</sup> | Germán A. Osorio - Zuluaga<sup>3</sup>

Recibido:  
Junio 16 de 2012

Aceptado:  
Noviembre 10 de 2012

## Resumen

*En este trabajo se desarrolla una simulación de un sistema de mercadeo multinivel con un sistema de pago binario, con el fin de determinar la existencia de ingresos pasivos para sus distribuidores ya que este tipo de negocios generan altas expectativas de ingresos y que, por su baja inversión, puede llegar a personas de todas las clases sociales. El mercadeo multinivel es una forma de comercializar productos a través de estructuras sociales que ha tenido un gran crecimiento en Colombia en los últimos años y que ha captado el interés de las grandes empresas. Para la simulación, se generó inicialmente una red multinivel de 5000 distribuidores y después se adaptó a un sistema de pago binario para simular los ingresos de cada uno de ellos. Los algoritmos se desarrollaron en el software Matlab y los gráficos de las redes en el software Pajek. Los resultados de la simulación arrojaron que el 80% de las ventas las generan el 4% de los distribuidores con muy pocas ventas directas (4%) y que solo el 1,2% de los distribuidores generan un ingreso pasivo. Finalmente, se considera importante utilizar este tipo de herramientas dada la dificultad de probar estas formas de comercialización en sistemas sociales reales.*

**Palabras clave:** ingreso pasivo, mercadeo multinivel, sistema de pago binario.

## Abstract

*This paper develops a simulation of a multilevel marketing system with a binary payment system, in order to determine the existence of passive income for its distributors because that kind of businesses generate high expectations of incomes and that, for its low investment, can reach people from all social classes. The multilevel marketing is a way to market products through social structures that have had a great growth in Colombia in recent years and has attracted the interest of big business. For the simulation, initially generated a multilevel network of 5000 distributors and then adapted to a binary payment system to simulate*

<sup>1</sup>Este artículo se origina como trabajo de grado de la Maestría en Administración de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. La investigación fue apoyada por la Universidad Nacional y se encuentra dentro de la investigación de Doctorado en Ingeniería, Industria y Organizaciones - "Marketing en MiPYmes basado en la difusión social de productos".

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales, Facultad de Administración, Departamento de Administración, Manizales, 170003 - Colombia.  
Correo electrónico: srobledog@unal.edu.co

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales, Facultad de Administración, Departamento de Informática y Computación, Manizales, 170003 - Colombia.  
Correo electrónico: gaosorioz@unal.edu.co

*income each of them. The algorithms were developed in the Matlab software and the networks graphs in Pajek software. The simulation results showed that 80% of sales are generated for 4% of the distributors with few direct sales (4%) and only 1.2% of distributors generate a passive income. Finally, it is important to use these tools because of the difficulty of proving these forms of marketing in real social systems.*

**Keywords:** *passive income, multilevel marketing, binary payment system.*

## 1. Introducción

El mercadeo multinivel (MLM) es una forma de distribución y comercialización de productos o servicios de consumo masivo (Vander Nat y Keep, 2002), directamente desde el fabricante al consumidor final a través de una red de personas que generan un ingreso por referir dichos productos o servicios (Coughlan y Grayson, 1998). El fabricante estimula al consumidor para que refiera sus productos a su círculo social y establezca una venta efectiva (Kim et al., 2006). A pesar de su crecimiento, algunos autores han cuestionado este tipo de comercialización de productos, tanto por su parecido a esquemas piramidales como por las altas expectativas que se generan entre sus distribuidores por la posibilidad de obtener grandes ingresos o ingresos pasivos (Legara et al., 2008; Martínez, 2007; Vander Nat y Keep, 2002). Este último, es un ingreso recibido de forma regular con poco esfuerzo necesario para mantenerlo (Kiyosaki y Sharon, 2000).

Según la IRS (The American Internal Revenue Service) el ingreso pasivo solamente proviene de dos fuentes: actividades de arrendamientos o actividades de empresa o comerciales en la que no se participa materialmente. Algunos ejemplos son: la renta de una propiedad, la pensión y ganancias de

un negocio que no requiere la participación directa del propietario o comerciante. Para el presente trabajo se utilizó el último ejemplo, donde un distribuidor genera ingresos constantes sin la necesidad de realizar un alto número de ventas directas. Por lo tanto, se tuvo en cuenta dos consideraciones: el porcentaje de distribuidores que ganaban el 80% de las comisiones y la cantidad de ventas directas que realizaban para generar dichas comisiones.

Por otro lado, algunas investigaciones que se han realizado son las de Coughlan y Grayson (1998) que simularon el crecimiento de una red de acuerdo a las diferentes actividades que hace el distribuidor. Legara et al. (2008) utilizaron el modelo del Mundo Pequeño de redes sociales y el modelado basado en agentes para realizar una simulación de ingresos de los distribuidores, dando como resultado que el crecimiento de ingresos no es ilimitado y van disminuyendo por la finitud de los posibles conocidos de cada miembro de la red. Cruz (2009) utilizó la teoría de redes complejas para generar una red multinivel y el enfoque de Dinámica de Sistemas para estudiar el proceso de difusión de productos, concluyendo que este modelo de comercialización sí funciona a diferencia de otros modelos ilegales como los piramidales. Pedrood et al. (2008) realizó una función de costos para simular el crecimiento de una red de mercadeo multinivel con

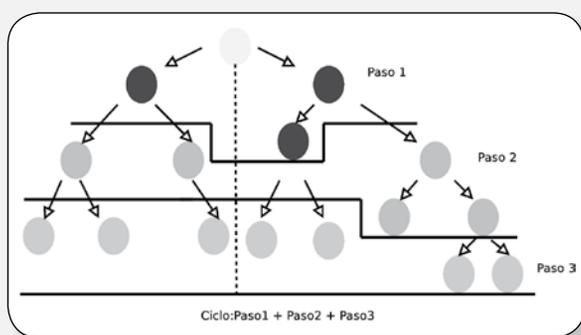
Potencial de ingresos pasivos para los distribuidores en empresas de mercadeo multinivel con un plan de compensación binario

un sistema de pago binario y determinó que existiría una mayor penetración en el mercado si los distribuidores recibieran menos comisión en un menor tiempo, en vez de una retribución alta en un periodo más amplio.

En este trabajo se realizó la simulación de los ingresos de los distribuidores teniéndose en cuenta las principales formas de pago que existen en el mercadeo multinivel (Dumitra, 2009), que son: escalonado o por ruptura, uninivel, unigen y plan binario. El plan binario es el de mayor popularidad (Pedrood et al., 2008), por esta razón se escogió para llevar a cabo la simulación.

El plan binario tiene una anchura limitada a 2 personas y una profundidad ilimitada. Para cobrar se tiene que compensar los dos lados y siempre existirá un lado débil que será el que defina las comisiones, junto con el tiempo establecido por la compañía. Un ejemplo se encuentra en la Figura 1, cuyo proceso se explica en la sección 2.2

Figura 1. Ciclos y pasos en un sistema de pago binario



A nivel global, el mercadeo multinivel y la venta directa han tenido un desarrollo importante. Para diciembre 31 de 2010 las ventas al por menor fueron de 132.222 millones de dólares con un total de 87.681.031 vendedores (Federación Mundial de Asociaciones de Venta Directa – WFDSA, 2010). El mercadeo multinivel ha sido adoptado por empresas de distintos sectores en todo el mundo. Algunos ejemplos son: Amway, Excel, Forever and Living Products, Herbalife, Mary Kay, Nokken, NuSkin Enterprises, Shaklee y Primerica, entre otras. Sin embargo,

ha estado bajo una estricta vigilancia debido a su similitud con estructuras Poisson o esquemas piramidales (Vander Nat y Keep, 2002). Adicional a esto, se han presentado otros cuestionamientos como: su capacidad de comercializar productos o servicios por medio de estructuras sociales (Taylor, 2002) y su potencial de generar ingresos ilimitados (Legara et al., 2008).

Aunque el mercadeo multinivel está muy alejado de un sistema piramidal común, ya que utiliza el consumo de productos para realizar los pagos a su estructura de distribuidores y no por vinculaciones de personas, se cuestiona el hecho que el origen de los pagos a los distribuidores que se encuentran en la cima, sea exclusivamente o en un porcentaje muy alto, por las compras de personas que están haciendo el negocio y no por la venta a consumidores finales. Por lo anterior, Vander Nat y Keep (2002) proponen que al menos el 70% del origen de los ingresos generados por los distribuidores sean por ventas a clientes finales que no desarrollen el negocio, para validar que el sistema de pago no presente un comportamiento piramidal.

Además, el mercadeo multinivel ha sido cuestionado por las altas expectativas de ingresos que se generan. Este tipo de negocios presenta una llamativo “enriquezcase rápido” o “gane un ingreso pasivo o pensión” y como su inversión es pequeña puede llegar a muchas personas de niveles de ingresos bajos, haciéndolas soñar con grandes fortunas. Por lo tanto, es necesario analizar la posibilidad de que se generen ganancias de este tipo (Legara et al. 2008).

Existe una gran dificultad para realizar estudios al mercadeo multinivel porque no utilizan la publicidad tradicional sino las estructuras sociales para determinar sus ventas. Por ejemplo, cuando se utiliza la publicidad tradicional se pueden hacer proyecciones de ventas y estimar el comportamiento del mercado, lo que no ocurre cuando se utiliza la venta multinivel. Algunos enfoques que se han empleado para realizar estos análisis han

sido el modelo de Red de Mundo Pequeño (Pedrood et al. 2008) y de redes complejas (Cruz, 2009).

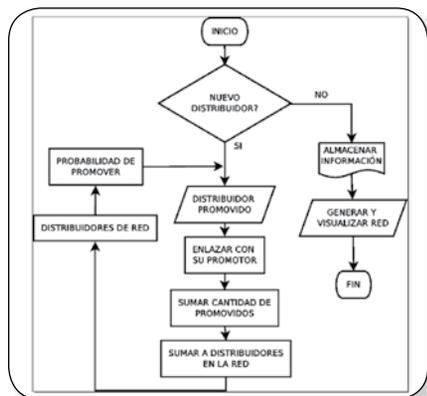
Lo que se pretendió con esta investigación fue analizar la posibilidad de que un negocio de mercadeo multinivel genere ingresos pasivos a sus distribuidores, haciendo uso de una simulación. Para esta tarea, se generó una red de 5000 distribuidores y después se aplicó un sistema de pago binario para determinar los ingresos de cada uno. Partiendo del algoritmo propuesto por Cruz y Olaya (2008), se simuló una red de mercadeo multinivel y a la red resultante, se le aplicó un plan de compensación binario para simular los ingresos de los distribuidores.

## 2. Marco Experimental

### 2.1 Simulación de la red multinivel

Para realizar la simulación de la red de mercadeo multinivel, se partió del algoritmo desarrollado por Cruz y Olaya (2008) el cual fue implementado en el software de Dinámica de Sistemas iThink®. Este modelo estaba limitado a nodos de grado 10, lo que significa que el número máximo de nuevos distribuidores vinculados por un distribuidor era de 10. Para poder ampliar este número, a uno ilimitado, se implementó el mismo algoritmo en Matlab® 2010a. El diagrama de flujo de dicho algoritmo, se puede observar en la Figura 2.

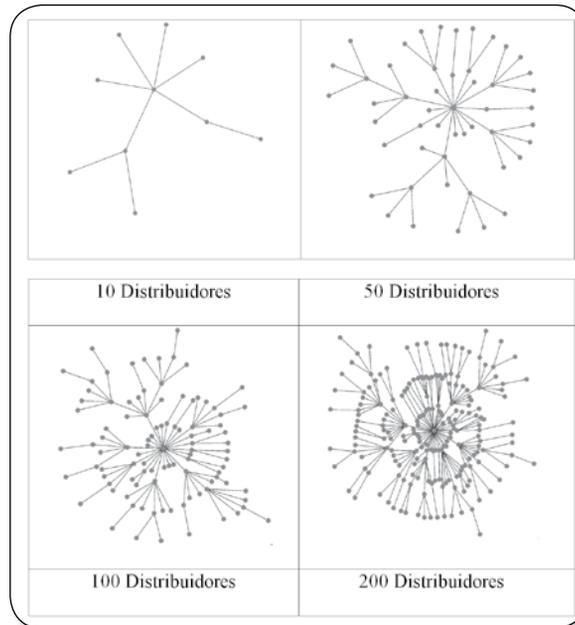
Figura 2. Diagrama de flujo del algoritmo a partir de Cruz y Olaya (2008)



Se inicia con dos nodos conectados, cuando aparece un nuevo nodo (distribuidor) se halla la probabilidad de grado de cada uno de los nodos existentes y se suman, luego se genera un número aleatorio y se compara con las probabilidades de grado calculadas anteriormente. De acuerdo a esta comparación se enlaza el nuevo nodo con su promotor y se actualiza el grado de los nodos en la red. Se halla la nueva probabilidad de grado y se suma a la anterior para determinar la probabilidad de grado acumulada. Se genera el número aleatorio y se realiza el mismo proceso hasta que el número total de nodos sea igual al número ingresado por el usuario.

En la Figura 3, se muestra la evolución inicial de 5.000 nodos para 10, 50, 100 y 200 nodos. Siempre se inicia con dos nodos para poder generar la red y se utilizó el software Pajek® 2.04 para visualizar las redes.

Figura 3. Evolución inicial de una red de 5000 distribuidores



### 2.2 Simulación del sistema de pago binario

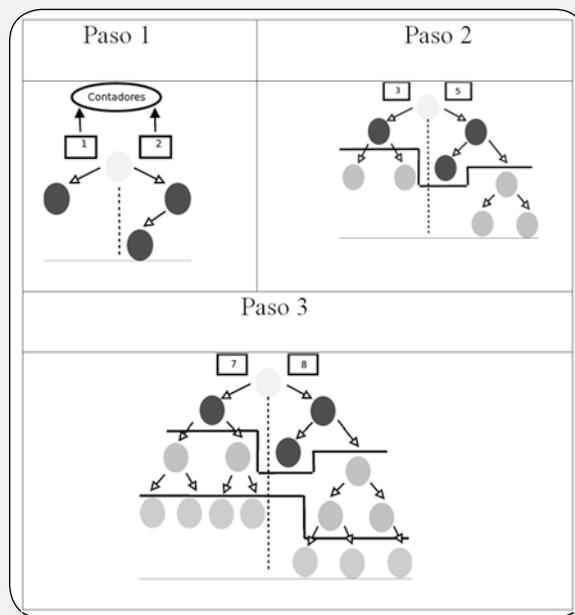
Para realizar la simulación del sistema de pago binario primero se escogió una red de mercadeo internacional que tiene operaciones

Potencial de ingresos pasivos para los distribuidores en empresas de mercadeo multinivel con un plan de compensación binario

en Colombia y se identificaron las principales características de su plan de compensación, como se muestra a continuación:

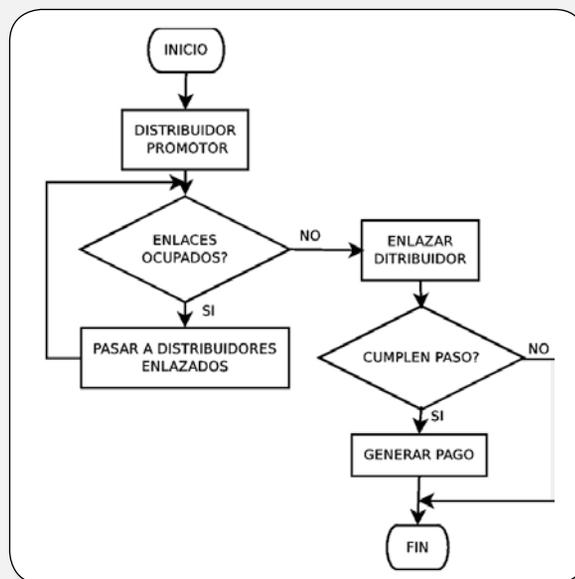
- Cada persona que ingresa al plan de compensación binario es porque adquiere al menos un producto.
- La comisión por vender un producto es del 10%.
- Siempre hay dos lados, uno izquierdo y uno derecho.
- El plan de compensación se compone de ciclos y cada ciclo tiene 3 pasos, como se muestra en la Figura 1.
- Existen dos seguros para poder cobrar: estar compensado y patrocinar otra nueva persona mínimo cada 3 meses para estar activo.
- Para que un distribuidor pueda cobrar comisiones debe estar compensado en sus dos lados. Si esto no ocurre, cuando se genere el cobro pierde los productos que no cobró en el lado fuerte.
- Para que se realice el primer pago, el distribuidor debe tener al menos una venta dentro de la red.
- El sistema de pago binario pone dos condiciones: la cantidad de productos en el lado débil y el total de productos.
- En la Figura 4, se muestra la explicación de los pasos que conforman un ciclo. La primera condición para que se realice el primer pago es que tenga un producto en el lado débil y mínimo 2 en el lado fuerte. Para que se realice el pago en el segundo paso, el lado débil debe tener mínimo 3 productos y la suma total, mínimo 8. Para el pago del tercer paso, la suma total debe ser de 15 productos, siempre y cuando el lado débil tenga mínimo 5 productos.

Figura 4. Pasos que conforman un ciclo



Con la construcción de la red multinivel de 5.000 nodos se puede generar, de acuerdo a los parámetros anteriormente mencionados, una red de compensación binaria y con esto establecer los ingresos de los distribuidores. En la Figura 5 se muestra el diagrama de flujo del algoritmo que fue implementado en Matlab. Para efectos de ilustración, en la Figura 6 se puede observar la red binaria para 100 nodos.

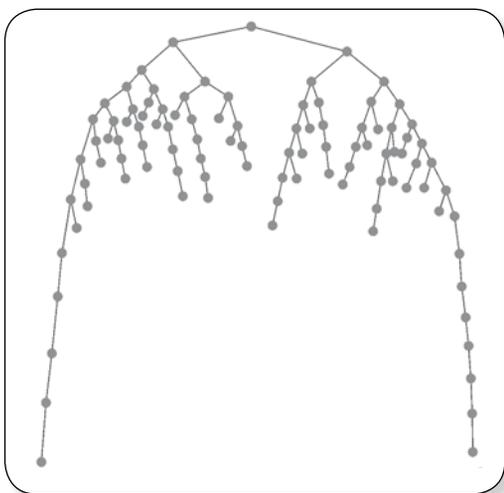
Figura 5. Diagrama de flujo del algoritmo para el sistema de pago binario



Se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros para realizar el algoritmo del sistema de pago binario en Matlab:

- La comisión por vender un producto es de \$100.
- Siempre los nodos nuevos entran en las ramas externas del patrocinador.
- Para ubicar el nuevo distribuidor se tuvo en cuenta el lado más débil de su patrocinador, pero si los dos lados tenían igual cantidad de productos, siempre se selecciona el lado izquierdo.
- Para la simulación no se tuvo en cuenta la inactivación de sus distribuidores, ya que para el análisis de los ingresos pasivos los distribuidores deberán estar activos.

Figura 6. Red binaria de 100 distribuidores



### 3. Resultados

De acuerdo a la red multinivel generada y a las condiciones del sistema de pago implementado, el resultado fue que el 4% de los distribuidores ganaban el 80% de las comisiones y el 96% ganaban el 20% de las comisiones restantes como se muestra en la Tabla 1. En otras palabras, un porcentaje muy pequeño obtiene la mayoría de los ingresos y la mayoría de distribuidores reciben muy pocos ingresos por comisiones.

Tabla 1. Porcentaje de distribuidores que más ingresos generan.

| Distribuidores | Comisiones |
|----------------|------------|
| 96%            | 20%        |
| 4%             | 80%        |

Para validar que los ingresos del distribuidor no fueran, en su mayoría, por ventas directas se estableció la siguiente relación (solo para el 4% de los distribuidores que ganan el 80% de las comisiones): cantidad de productos vendidos sobre la cantidad de productos cobrados. Los resultados fueron que el distribuidor que más ingresos recibió fue del 3,97% y para el distribuidor que menos ingresos generó fue de 0,12%. Para tener la certeza que este 4% de distribuidores hubieran generado ingresos constantes se determinó la cantidad de pagos recibidos, oscilando entre 5 y 947 cheques lo que representa una diferencia muy grande, por lo que se procedió a determinar qué porcentaje de distribuidores recibían el 80% de los cheques y dio como resultado que el 30% de los distribuidores generan el 80% de los cheques, como se muestra en la Tabla 2. Por lo tanto, sólo el 1,2% del total de distribuidores dentro de la red de 5.000 nodos generaron un ingreso pasivo.

Tabla 2. Porcentaje de cheques generados por el 4% de distribuidores que más ganan.

| Distribuidores | Cheques |
|----------------|---------|
| 30%            | 80%     |
| 70%            | 20%     |

### 4. Conclusiones

De la simulación se pudo observar un fenómeno interesante de este tipo de negocios, en cuanto a la forma en que incentiva el trabajo en equipo para generar comisiones.

El 4% de los distribuidores, que generaban el 80% de las comisiones, lo hacían con ventas directas menores al 4%, lo que da a entender que es más importante ayudar a otras personas a generar ingresos. Por lo tanto, las empresas de mercadeo multinivel tienen una buena herramienta para comercializar sus productos, pero, se deben enfocar en crear un sistema que ayude a más distribuidores a generar ingresos pasivos, ya que sólo el 1,2% de distribuidores generaron dicho ingreso.

Con la simulación se pudo determinar que sólo el 1,2% de los distribuidores generaban un ingreso pasivo, lo que significa que el 98,8% no lo lograba y si estos hubieran adquirido los productos sólo por la posibilidad de generar ingresos, el porcentaje de frustración sería muy alto. Por otro lado, si hubieran ingresado única o principalmente por adquirir los productos, sería un esquema de comercialización interesante y se podría aplicar en otros estratos de empresas como la micro y la pequeña (O'Donnell and Cummins, 1999).

Comparado con un sistema tradicional de ventas, donde se contrata a una persona y se le da una comisión por cada venta, el mercadeo multinivel tiene una gran ventaja y es el apalancamiento de las comisiones por medio del esfuerzo de otras personas. Como se mostró en la simulación, los distribuidores que cobraban el 80% de las comisiones lo hacían con ventas directas de máximo el 4%, por lo tanto, vendían 4 de cada 100 productos cobrados. Esto confirma lo que propuso Brodie et al. (2002), que un sistema de comercialización multinivel puede haber evolucionado más allá de un enfoque táctico en la realización de tareas a un enfoque estratégico, en la facilitación de la finalización de los planes a través de otros.

Como trabajos futuros, se plantean realizar estudios con otros sistemas de pago para determinar su grado de penetración en el mercado y determinar los ingresos de los distribuidores versus los de la compañía multinivel. También realizar simulaciones

con varios tamaños de red multinivel, para comparar las variaciones en los ingresos de los distribuidores y las ventas totales de la compañía multinivel. Por último, se debería considerar una población finita y el desgaste de cada nodo para complementar el algoritmo de la red multinivel propuesto por Cruz y Olaya (2008).

## 5. Referencias Bibliográficas

Brodie, S., Stanworth, J., & Wotruba, T. R. (2002). Comparisons of salespeople in multilevel vs. single level direct selling organizations. *Journal of Personal Selling and Sales Management*, 22(2), 67-75.

Coughlan, A. T. Grayson, K. (1998). Network Marketing organizations: Compensation plans, retail network growth, and profitability. *International Journal of Research in Marketing*, 15(5):401- 426.

Cruz, J. (2009). Diffusion dynamics through network marketing structures. Tesis de Maestría. Departamento de Ingeniería industrial. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. 117 p.

Cruz, J., Olaya, C. (2008). A system dynamics model for studying the structure of network marketing organizations. The 2008 International Conference of the System Dynamics Society. Atenas, Grecia. 20-24 de Julio de 2008.

Dumitra, D. (2009). Designing the MLM systems recompensation plans. *Review of Management & Economic Engineering*, 8(4):193-203.

Kim, B. J., Jun, T., Kim, J.-Y., Choi, M. (2006). Network marketing on a small-world network. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 360(2):493-504.

Kiyosaki, R., Sharon, L. (2000). Rich Dad, Poor Dad: What the Rich Teach Their Kids About Money-That the Poor and Middle Class Do Not. Warner Business Books. 198 p.

Legara, E., Monterola, C., Juanico, D., Litongpalima, M., Saloma, C. (2008). Earning potential in multilevel marketing enterprises. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 387(19- 20):4889-4895.

Martinez, M. (2007). Four networks marketings lies that can kill your business. *Home Business Magazine*, 173(4):54-57.

O'Donnell, A., & Cummins, D. (1999). The use of qualitative methods to research networking in SMEs. *Qualitative Market Research: An International Journal*, 2(2), 82-91.

Pedrood, N., Ahmadi, H., and Charafeddine, H. A. (2008). Systematic profitability analysis of binary network marketing organizations. *Direct Marketing: An International Journal*, 2:81-96.

Taylor, J. (2002). Five causal defining characteristics of and product-based pyramid schemes or recruiting MLM's. *Economic Crime Summit Conference 2006*. 2002. Revisado en Marzo.

Vander Nat, P. J. and Keep, W.W. (2002). Marketing Fraud: And Approach for Differentiating Multilevel Marketing from Pyramid Schemes. *Journal of Public Policy & Marketing*, 21(1):139-151.

# Model of Recommendation System for Indexing and Retrieving the Learning Object based on Multiagent System\*

Ronaldo Lima Rocha Campos\*\* | Rafaela Lunardi Comarella\*\*\* | Ricardo Azambuja Silveira\*\*\*\*

Recibido:  
Febrero 2 de 2012

Aceptado:  
Mayo 28 de 2012

## Abstract

*This paper proposes a multiagent system application model for indexing, retrieving and recommendation learning objects stored in different and heterogeneous repositories. The objects within these repositories are described by filled fields using different metadata standards. The searching mechanism covers several different learning object repositories and the same object can be described in these repositories by the use of different types of fields. Aiming to improve accuracy and coverage in terms of recovering a learning object and improve the signification of the results we propose an information retrieval model based on the multiagent system approach and an ontological model to describe the knowledge domain covered.*

**Keywords:** AI in education, multi-agent systems, learning objects, recommendation systems.

## Resumen

*Este artículo propone un modelo de aplicación de sistema multi-agente para la indexación, recuperación y recomendación de objetos de aprendizaje almacenados en diferentes repositorios heterogéneos. Los objetos en tales repositorios son descritos por campos usando diferentes estándares de metadatos. El mecanismo de búsqueda cubre diferentes repositorios de objetos de aprendizaje y el mismo objeto puede estar descrito en esos repositorios por diferentes tipos de campos. Con el fin de mejorar la exactitud y cobertura en los términos de recuperación, así como para mejorar la significancia de los resultados obtenidos, se propone un modelo de recuperación de información basado en un enfoque de sistema multi-agente y un modelo ontológico para describir el dominio de conocimiento cubierto.*

**Palabras clave:** Inteligencia artificial en educación, sistemas multiagente, objetos de aprendizaje, sistemas de recomendación.

\*This article comes from the Master's thesis of Ronaldo Lima Rocha Campos funded by CAPES Foundation

\*\*Mestre em Ciência da Computação  
Federal University of Santa Catarina (UFSC)  
Florianópolis - SC - Brazil  
e-mail:  
rcampos@inf.ufsc.br,

\*\*\*Mestre em Ciência da Computação  
Federal University of Santa Catarina (UFSC)  
Florianópolis - SC - Brazil  
e-mail:  
rafaela@egc.ufsc.br,

\*\*\*\*Doutor em Ciência da Computação  
Federal University of Santa Catarina (UFSC)  
Florianópolis - SC - Brazil  
e-mail:  
silveira@inf.ufsc.br

# 1. Introduction

The effort and investment needed by educators and educational institutions to produce qualified learning content are considerable. This is especially important in the production of content for distance education because almost all the information and knowledge must be completely and explicitly covered by the learning objects (Downes, 2001). A learning object is any digital resource reused to support learning. Thus learning objects may be small parts such as images, sounds, videos or more complex parts such as courses or software (Wiley, 2000).

Owing to the large cost of producing learning content, there is a strong advantage in improving the possibility of reusing it. Therefore, the development of mechanisms to facilitate the reuse of learning content has attracted the interest of several research groups, organizations and educational institutions around the world.

Research in this area has originated many different ideas, standards and specifications. This research produces different ideas that guide the politics of production and the storage of learning objects.

This scenario explains the heterogeneity of the available technologies used to produce and store learning objects, as well as the definition of the granularity of objects. This heterogeneity makes painful and laborious the interoperability among the different tools used to produce, store and retrieve learning objects.

The production and use of the LOs is also related to its storage and dissemination. The digital repositories are responsible for managing and storing these resources (LOs), as well as to providing a number of features to allow different types of objects to be stored, cataloged and made available. Arise in this context, the terms Institutional Repositories

(IR) and Learning Object Repositories (LOR). As the LOs produced with different and distinct technologies, and there being a wide variety of repositories to attend different demands, it becomes difficult to decide on the use of a particular repository and it is not always chosen correctly at first, which often leads to the adoption of other options and scenarios (Tarrant et al, 2009). The reusability of learning objects is hampered by the diversity and heterogeneity of the architecture of the existing LOR. These repositories are created to store learning objects but such objects used to be stored in different ways, using different technologies and described by different structures of metadata (Downes, 2001).

The recovery of learning objects is heterogeneous because of the different standards and specifications for production and storage, and the large distribution of the repositories across the web; it is dynamic as well because of the volume of research in this area and the magnitude of the field. Moreover, it is clear that the lack of effective and specialized LO search tools does not allow wide reuse of the learning objects produced.

The existing tools used to retrieve information about learning objects are usually solely based on a syntax search. This type of search is not an efficient way to recover learning objects as they used to be in retrieving ordinary documents from the web. The information on regular web pages is not cataloged as it is in LO repositories. This characteristic hinders the use of semantic functions for recovering LOs.

This scenario justifies a research proposal based on the multiagent system (MAS) technology to build an intelligent search tool that facilitates the retrieval of learning objects available in heterogeneous scenarios of existing repositories. The MAS technology is characterized by the ability to model intelligent agents able to adapt to the environment, to act autonomously, to cooperate and to communicate with

each other in order to achieve a common goal (Wooldridge, 2002). This model aims to increase the recovery and re-usability of learning objects by searching the learning content from several different LOR by the teachers, students or learning objects designers.

The recommender systems appeared in order to minimize the problem of overhead information. The recommendation system is intended to indicate or receive indications of products and services in a social process (Resnick; Varian, 1997).

Schafer (2000) defines the structure of a recommendation system with four steps: User identification, despite being defined as optional is responsible for generating user profiles and user groups. Data collection, step where data about the user and products are collected. It can be done in three ways: implicit, explicit and hybrid. Strategy recommendation, describes the technique (algorithm) used to link users to products and services. It is comprised of three basic methods: collaborative filtering (Resnick et al., 1994) relationship by content (Mooney; Bennett; Roy, 1998) or a mixed approach (Pazzani, 1999). View of the recommendations, describes how the products and services must be presented to the users. In this stage it is also made data collection in order to improve the system itself.

This paper proposes an LO intelligent search model capable of indexing and retrieving learning objects, regardless of the metadata standard used, located in different and heterogeneous repositories and provides the user with a ranking the learning objects based on their profile. It does so by using multiagent system technologies as well as domain ontologies to support the work of the designed agents in promoting a better recovery and re-usability of learning objects.

## 2. Background

The theoretical model of this research covers the basic concepts related to learning objects as well as formal specification of metadata for the LOs. Furthermore, the use of multiagent systems technology combined with retrieval techniques, usually used for Semantic Web to solve the problem of retrieving objects in distributed and heterogeneous environment using semantic aspects of learning object. The obtained results pointed to use representation of domain ontology to contextualize the domain specific concepts search problems and indexing and weighting information techniques to improve the accuracy, coverage and the performance of search tools.

Learning objects are educational resources that can be used in the learning process supported by technology (McGreal, 2004). The IEEE (IEEE-LTSC, 2005) defines learning objects as any material, digital or not, that can be used, reused and referenced in e-learning. According to McGreal (2004) certain features of a learning object can be highlighted: accessibility, interoperability, adaptability, re-usability, durability, retrieval, assessment and interchangeability. Learning objects can be based on text, animations, presentations, images, software, and have to be described by a set of metadata (data about data), according to some formal specification (Downes, 2001). The learning object is the learning content formally described by its metadata, stored in the repository, which can be combined with other learning objects to create larger objects such as lessons and courses (Nash, 2005).

Digital content repositories are softwares developed with the objective of storing and organizing digital resources, thus providing search and content retrieving mechanisms (Downes, 2001; Nash, 2005).

The repositories have interfaces for submission or cataloging content, using one or more data standards, dissemination and collection interfaces, communication

protocols, and search and retrieval interfaces. Digital repositories should deal with a series of requirements such as storage, cataloging, dissemination (harvesting), search and retrieval. It is not currently possible to distinguish at the current state of the art, just one particular accepted and adopted model, which could be used to guide all of those policies. There is thus, an heterogeneous scenario. The problem of heterogeneity has been addressed in several ways and according to Gil, De La Prieta and Rodríguez (2011), by creating repositories that are highly sustainable, they also become highly heterogeneous because they must deal with various types of storage, access to objects and consulting methods. As for Fabre; Tarouco. and Tamusiunas (2003), heterogeneity is more technically related, highlighting differences in both the implementation of the repositories (software) as to the differences in hardware that supports them.

Thus the concept of heterogeneity for search engines can be set upon two major pillars: access to the resources, and metadata standards used to describe objects. In this article we address these two areas in the model of agents, while mainly focusing on techniques that deal with different metadata standards.

Such approach is justified by the difficulty in representing the object semantic in its recovery and integration with other systems, Li et al. (2008) expose that the adoption of only one metadata standard for the integration of various systems is complicated, the demands are different from one system to another and, for that reason the use of a mapping technique called Crosswalks.

To ensure interoperability, the repositories are adopting one or more disseminating protocols. These protocols came out of the efforts to find efficient forms to replicate not only the structure, but the object of the repositories and end up defining a standard form to obtain access to these objects. In

the same way these repositories are different according to the technology and the protocols used: Lightweight Directory Access Protocol (LDAP), Open Archives Initiative protocol for Metadata Harvesting (OAI-PMH; Open Archives Initiative Object Reuse and Exchange (OAI-ORE).

What can be noticed is that even though the access mechanisms to the resources (objects and metadata) deal with a range of technologies, the emergence and adoption of standards to make the systems inter-operable has helped to standardize such accesses. Regarding the description of objects in the current scenario, there is also a range of patterns that have emerged about demands and different ideas and to attend several purposes. Thus the concept of metadata is related to information structures that describe on various aspects, its own resources and, such concept is commonly related as being the data of the data, or the information about the information (Bargmeyer and Gillman, 2011).

One of the main reasons to the use of metadata is the easiness to information recovery in a relevant manner. Moreover, it helps in organizing, facilitates interoperation and resource integration, digital identification, filing and preserving. A complete study on the subject can be appreciated in Understanding Metadata (NISO, 2004). Among the main existing Standards, the most relevant ones and, therefore, most adopted are: Dublin Core, LOM and Obaa.

Dublin Core metadata set emerged in 1995 in a workshop sponsored by OCLC and NCSA. Its continuing development and specifications is managed by Dublin Core Metadata Initiative (DCMI) (Dublin Core, 2011). The initial objective was the creation of some fields to describe web resources by their original authors. With the growth of electronic resources and the lack of descriptors to catalog them, the standard defined some elements and simple rules to enable such cataloging. There were initially 13 fields, extended to 15:

Title, Creator, Subject, Description, Publisher, Contributor, Date, Type, Format, Identifier, Source, Language, Relation, Coverage, and Rights (NISO, 2004).

Dublin Core was developed to be simple and concise, and to describe web based content. Though, the standard has being used with other types of documents that demand some complexity. There is a lot of tension around the standard; some defend a minimum, simpler set of elements, and the adepts a structured, more refined, extended vision. The Dublin Core metadata set is standardized by the following norms, ISO Standard 15836-2009 (ISO 15836-2009, 2009) and NISO Standard Z39.85 (NISO, 2007).

Created by IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC)[11], the educational objects metadata set (LOM) (IEEE-LTSC, 2010) is a IEEE standard (IEEE 1484.12.1-2002) (IEEE-LTSC, 2002) meant for the reuse and description of educational resources. LOM defines a minimum set of attributes to manage, locate (language) and validate educational objects. These attributes are grouped in eight categories: General, Life Cycle, Technical, Educational, License, Relations, Annotations and Classification, where each category is a metadata set in hierarchy (NISO, 2007). For its attributes being grouped in categories and each category composed of a hierarchical set, the standard representation is made in RDF/XML or Atom/XML, which facilitates the integration with various disseminating and search protocols. Due to its characteristics, flexibility and potential to treat digital resources and reuse, LOM standard was incorporated to the SCORM (Sharable Content Object Reference Model) (SCORM, 2011) reference model.

OBAA is a Brazilian technical and functional requirements specification standard for the production, edition and distribution of interactive digital content, allowing them to be used in Web platforms, mobile devices and digital television. This standard was developed by the Federal

University of Rio Grande do Sul (UFRGS) in partnership with Vale dos Sinos University (UNISINOS) in response to a call from the Education, Communication, Science and Technology Ministries and uses it based on the LOM standard. OBAA is an extension of LOM. There were included some elements in the Technical and Educational categories and added another two; Accessibility and Segment Information Table to be able to meet the Brazilian needs in relation to these segments (Fabre, Tarouco and Tamusiunas, 2003).

Some important projects about learning object repositories are considered in this work in order to provide a comprehensive view of the architecture of these repositories: Lume - digital repository of the Federal University of Rio Grande do Sul (LUME, 2010), the International Bank for Educational Objects (Bioethanol, 2008) RIVED (Network Interactive Virtual Education) (RIVED, 2010), MERLOT (Multimedia Educational Resource for Learning and On line Teaching) (MERLOT, 2010) and the Federation Educa Brazil (FEB, 2012).

These repositories used to be based on database management technologies, LDAP, or XML, for ad hoc implementation but, recently have used specific specialized frameworks such as DSpace (DSpace, 2011) and FEDORA (Flexible Extensible Digital Object Repository Architecture) (FEDORA, 2010).

As regards the theoretical background of agents we consider a multiagent system loosely coupled with a network of problem solvers who work together to solve problems which go beyond their individual capability (Wooldridge, 2002). These problem solvers are essentially autonomous, distributed and heterogeneous in nature. We also adopt the FIPA reference model of agents (FIPA, 2010) and used JADE (Java Agent Development Framework) (JADE, 2010).

Besides the theoretical background related to multiagent systems and learning objects

we consider retrieval techniques used for finding documents (Russell et al., 2004). These techniques aim to find the location of information that satisfies specific needs, from digital media (Manning et al., 2008) and techniques for knowledge representation to anthologies consisting of entities that can be classes, concepts, instances, individuals, relationships, properties, data types and values (Euzenat et al., 2007).

### 3. The Proposed Model

The objective of this model is to promote a better recovery and re usability of learning objects through the support of software agents capable of dealing with the heterogeneous scenario of learning object recovery environments and provides the user with a learning object ranking based on their profile.

The proposed multi-agent system was developed to be able to index, classify, and retrieve learning objects in different repositories. The model created in Vian and Silveira (2011) was revised and extended not only to ensure good coverage and recovery by areas of knowledge, but also to prioritize relevant results. As described in Gil, De La Prieta and Rodríguez (2011) collaborative approaches have brought good results in the

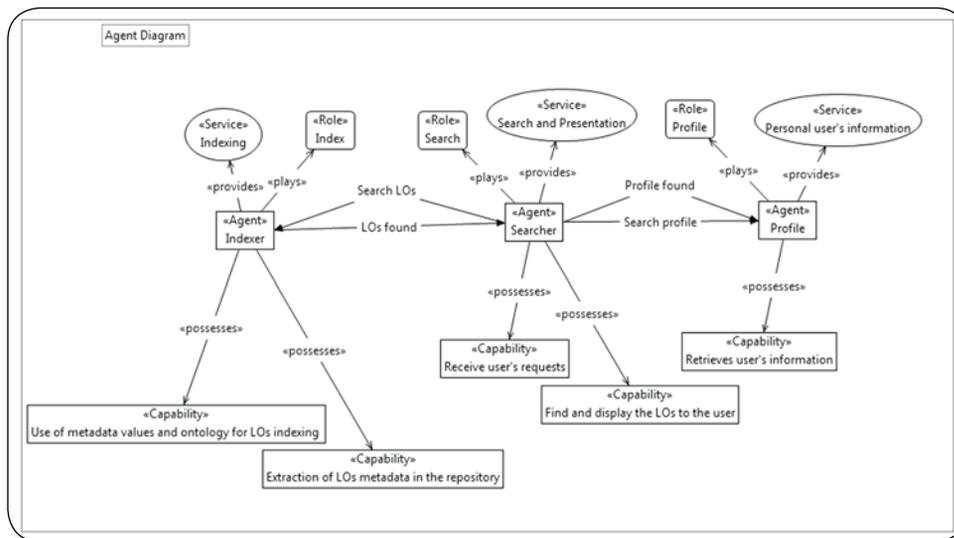
indexing of digital documents and works like MCcalla (2004), Recker, Walker and Lawless(2003) e Manouselis (2007) justify such approaches.

The system was developed with the JADE (JADE, 2010) framework which, according to his description, simplifies the system implementation process and complies with the FIPA (FIPA, 2010) standard.

According to the figure 1, the main components are: The learning objects repository set, the multi-agent system and web search service. The repositories can be quite different, both in their content and technology in which they were developed and, for each kind of repository there is an indexing agent. This agent uses a specialized database to correlate different elements of different metadata standards, taking into account the relationships between them to ensure their semantic.

In another part of the process, web service is responsible for interfacing with the user, from a search engine which indexes a variety of repositories to a search engine inserted in another application like, for instance, a learning management system (LMS). A profile agent is responsible for collecting data about a user who will request the search. Making the

Fig. 1. Agent organization diagram



connection between these two ends there is a search engine connected to an agent system ontology domain.

Protégé (2010) was used to create and model an ontology that represents a number of concepts in computer science and it materialized in the OWL form. This ontology is used by agents to expand the consultations requested by the application server. To make this possible we used the JENA 6 (JENA, 2010) framework.

To address the different access mechanisms to objects and their descriptors, indexing agents have been adapted and extended to work with libraries JDOM and JLDAP, as well as to implement the OAI-PMH and OAI-ORE protocols.

The use of the techniques recommended content is shown to bring better results in the search for objects in repositories, as to make use of recommendation systems reduces the problem of information overload.

The models of recommender systems bring improvements such as: concepts relate to users, content ordering well as user profile, complementing the results aimed at leveling with objects of knowledge about a concept, identifying groups of users who provide valuable contributions, making a network confidence, and focusing on objects that are frequently accessed by listing them as the most current (Primo, 2006).

In this approach focusing on the agent Profile his interaction with the agent Search is as follows: the agent Profile works in a hybrid model with both explicit and implicit information of the user. Implicitly he obtained information from other systems as a LMS system or an curriculum page. Explicitly asking the user databases which he prefers to prioritize and building a profile of terms and taxonomies as suggested in D'Agostine (2009). Thus the agent Search requests information about the databases and indicates

the terms required to search for the agent Profile, which makes use of this information and responds, indicating preferred bases and if there is some term that must be accompanied by a detailed (disambiguation or expansion).

In possession of such information the agent Search proceeds with the search for objects, triggering the agents Indexer. In this stage the terms can still be applied to a knowledge base (in this case a domain ontology) for a better selection of them and indexing results.

Upon receiving the response of agents Indexer the agent Search again triggers the agent Profile, this time with the search results. The agent Profile then goes (based on a similarity function) sort objects bringing the most relevant to the top. It triggered a feedback system user, performing a feedback in order to refine the user profile system.

## 4. Final Remarks

The proposed model allows searching heterogeneous repositories using semantic features and users information, increasing coverage and relevance of their results.

The option of using an open protocol based on XML for communication between the multiagent and the web search application incorporated features distributed throughout the system, since any application using the protocol is able to communicate with the system, making it more accessible. This feature allows the use of the tool in a more transparent way on the part of other systems, like the LMS. Thus a module for LMS Moodle is being developed, which is going to allow search and content implementation through its own platform.

At the current stage of development the system is already functional, having implemented the following agents: Searcher, ldap and OAI-PMH (protocol agents). The Searcher is also integrated with the JENA

framework being able to expand and establish relationships between the terms and synonyms referred to it.

The Human-machine interface is through a web application that communicates with the SMA via XML protocol. It is already possible to search the repositories CESTA, LUME and UNASUS/UFSC. For now only one domain ontology was created (information security).

The model for classifying objects based on user information, statistics and collaborative evaluations of objects, despite being in the initial phase, has already shown good potential. And because of that potential is being developed an ontology for the domain of medicine, with the aim of preparing a survey of specialists.

## 5. References

1. Bargmeyer B.E. and Gillman D.W (2011). Metadata Standards and Metadata Registries: An Overview. Available at <http://www.bls.gov/ore/pdf/st000010.pdf> [Accessed: 10 Jul 2011]
2. Bioethanol (2010) Bank for International Educational Objects, 2008. Available at <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/> [Accessed: 10 May 2010].
3. CESTA (2010) Collection of Entities Support the use of Technology in Learning. Center for Interdisciplinary Studies in New Technologies in Education (CINTED), 2010. Available at <http://www.cinted.ufrgs.br/CESTA/> [Accessed: 2 April 2010].
4. DeLoach, S A; Ojeda, J C G; Valenzuela, J.; Oyenan, W H (2007) Organization-based Multiagent System Engineering (O-MASE) - Description Framework. Manhattan: Kansas State University, 2007.
5. Downes, S (2001) Learning Objects: Resources for distance education worldwide. [online] The International Review of Research in Open and Distance Learning, v. 2, n. 1, DSpace (2010). Available at <http://www.dspace.org/> [Accessed: 10 April 2010].
6. Dublin Core (2011) The Dublin Core Metadata Initiative. [online] Available at <http://dublincore.org/> [Accessed: 2 Jun. 2011]
7. Euzenat, J., Shvaiko, P (2007). Ontology Matching. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, 2007.
8. Fabre, M. C. J. M.; Tarouco, L. M. R. and Tamusiunas, F. R. (2003) Reusabilidade de objetos educacionais. RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação. Porto Alegre: Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação (UFRGS), v. 1, n. 1, 2003.
9. FEB (2012) Federation of Educa Brazil. [online] Available at <http://feb.ufrgs.br/> [Accessed: 2 Jan 2012].
10. Gil A.B., De La Prieta F. and Rodríguez S. (2011) Automatic Learning Object Extraction and Classification in Heterogeneous Environments. In: Highlights in Practical Applications of Agents and Multiagent Systems 9th International Conference on Practical Applications of Agents and Multiagent Systems, 2011, Volume 89/2011, 109-116.
11. GroupLens: An Open Architecture for Collaborative Filtering of Netnews. In: Proceedings of ACM 1994 Conference on Computer Supported Cooperative Work, 1994, Chapel Hill, North Carolina. Anais. ACM. p.175-186.
12. IEEE-LTSC (2002). Draft Standard for Learning Object Metadata [Online]. IEEE Learning Technology Standards Committee, 2002. Available

- at [http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM\\_1484\\_12\\_1\\_v1\\_Final\\_Draft.pdf](http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf) [Accessed: 10 mai 2011]
13. IEEE-LTSC (2005). WG12: Learning Object Metadata [online] IEEE Learning Technology Standards Committee, 2005. Available at <http://ltsc.ieee.org/wg12/> [Accessed: 2 Jun 2010].
  14. IMS (2010) IMS Global Learning Consortium, 2010.[online] Available at <http://www.imsglobal.org/> [Accessed: 2 Tue 2010].
  15. ISO 15836: 2009 (2009)- Information and documentation - The Dublin Core metadata element set, Intec, 2009.
  16. JADE (2010) Java Agent Development Framework), 2010. [online] Available at <http://jade.tilab.com/> [Accessed: 3 Jan 2010].
  17. JENA (2010) Jena - A Semantic Web Framework for Java, 2010. [online] Available at [<http://jena.sourceforge.net/>]. [Accessed: 3 Tue. 2010]
  18. Li S.; Yang Z.; Liu Q.; Huang T. (2008) Research of web information retrieval based on metadata and OAI, Granular Computing, 2008. GrC 2008. IEEE International Conference on, vol., no., pp.383-386, 26-28 Aug. 2008 doi: 10.1109/GRC.2008.4664693
  19. LUME (2010). Lume - Repository of the Federal University of Rio Grande do Sul.[online] Available at <http://www.lume.ufrgs.br/> [Accessed: 10 Feb 2010]
  20. Manouselis, N., Vuorikari, R., and Van Assche, F. (2007). Simulated Analysis of Collaborative Filtering for Learning Object Recommendation. SIRTEL Workshop, EC-TEL 2007.
  21. McCalla, G. (2004) The Ecological Approach to the Design of E-Learning Environments: Purpose-based Capture and Use of Information about Learners. Journal of Interactive Media in Education, 2004 (7) Special Issue on the Educational Semantic Web. Volume 1, p. 18.
  22. McGreal, R. (2004) Online Education Using Learning Objects. London: Routledge.
  23. MERLOT (2010) Multimedia Educational Resources for Learning and Online Teaching.[online] Available at <http://www.merlot.org/merlot/index.htm> [Accessed: 10 Nov. 2010].
  24. MOONEY, R.; BENNETT, P.; ROY, L.(1998) Book recommending using text Categorization with extracted information.
  25. Nash, SS (2005) Learning Objects, Learning Object Repositories, and Learning Theory: Preliminary Best Practices for Online Courses. Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects, New York, 2005.
  26. NISO (2004). Understanding Metadata. [online] National Information Standards Organization. Press. ISBN: 1-880124-62-9. 2004 Available at <http://www.niso.org/publications/press/UnderstandingMetadata.pdf> [Accessed: 10 Jun 2011]
  27. NISO (2007) ANSI/NISO Z39.85 - The Dublin Core Metadata Element Set. National Information Standards Organization. Available at [http://www.iso.org/iso/iso\\_catalogue/catalogue\\_ics/catalogue\\_detail\\_ics.htm?csnumber=52142](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=52142) [Accessed: 10 Jun 2011]
  28. OAI. Open Archives Initiative, 2010. Available at <http://www.openarchives.org/>. [Accessed: 12 Apr 2010]

29. Obaa (2010) Projeto Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes (Obaa). [online] Available at <http://www.portalobaa.org/obaac/padrao-obao/relatorios-tecnicos/RT-OBAA-01.pdf> [Accessed: 10 Nov 2010].
30. PAZZANI, M. J.(1999) A Framework for Collaborative, Content-Based and Demographic Filtering. *Artificial Intelligence Review*, [S.l.], v.13, n.5-6, p.393–408, 1999.
31. Primo, T.; Loh, S. (2006). Técnicas de Recomendação para usuários de Bibliotecas Digitais. in *Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*. Curitiba, PR, novembro de 2006.
32. Protégé (2010). Protégé Ontology Editor. [online] Available at <http://protege.stanford.edu/> [Accessed: 10 Jan 2010].
33. RESNICK, P; IACOVU, N.; SUCHAK, M.; BERGSTORM, P; RIEDL, J.(1994)
34. RESNICK, P; VARIAN, H. R.(1997) Recommender systems. *Commun. ACM*, New York, NY, USA, v.40, n.3, p.56–58.
35. RIVED (2010) - Interactive Virtual Education Network. [online] Available at [http://rived.mec.gov.br/site\\_objeto\\_lis.php](http://rived.mec.gov.br/site_objeto_lis.php) [Accessed: 10 apr 2010].
36. Russel, S. and Norvig, P (2004). *Artificial Intelligence*. Elviesier, 2<sup>a</sup> ed, 2004.
37. Schafer, J. Ben; Konstan, Joseph; RIEDL, John. Recommender Systems. In: *Conference on Electronic Commerce*, 2000, Minneapolis.
38. SCORM (2011). SCORM 2004 Overview for Developers. [online] Available at <http://scorm.com/scorm-explained/technical-scorm/scorm-2004-overview-for-developers/> [Accessed: 3 Jun 2011].
39. Tarrant D., O'Steen B., Brody T., Hitchcock S., Jefferies N. and Carr L. (2009). Using OAI-ORE to Transform Digital Repositories into Interoperable Storage and Services Applications. [online] In: *code{4}lib Journal*. Issue 6. March 2009. Available at <http://journal.code4lib.org/articles/1062> [Accessed: 14 Jul 2011].
40. Vian J., Silveira R.A. (2011) Multiagent System for Indexing and Retrieving Learning Objects. In: *Highlights in Practical Applications of Agents and Multiagent Systems Advances in Intelligent and Soft Computing*, 2011, Volume 89/2011, 53-60, DOI: 10.1007/978-3-642-19917-2\_7
41. Wiley, D. (2000). Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. In D. A. Wiley (Ed.), *The instructional use of learning objects* [Online]. Available at: <http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc> [Accessed: 10 jul 2011].
42. Wooldridge, M. *An Introduction to Multiagent Systems*. England: John Wiley, 2002.

# Estandarización de un medio de cultivo a partir de fuentes agroindustriales para la multiplicación de *Azospirillum brasilense*<sup>1</sup>

Diego Rivera<sup>2</sup> | Melissa Obando<sup>3</sup> | Ruth Bonilla Buitrago<sup>4</sup>

Recibido:  
Junio 20 de 2012

Aceptado:  
Noviembre 30 de 2012

<sup>1</sup>El artículo fue desarrollado con base a una investigación, financiada por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Corpoica, en el marco del proyecto con alianza con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-MADR "Producción de fertilizantes biológicos a partir de microorganismos nativos del género *Azospirillum* sp. para mejorar la productividad y sostenibilidad de gramíneas en suelos del valle del Cesar".

<sup>2</sup>M.Sc Ciencias Farmacéuticas  
Universidad Nacional de  
Colombia-Facultad de Ciencias,  
Corporación Colombiana de  
Investigación Agropecuaria-  
Corpoica, Centro de  
Biotecnología y Bioindustria-  
CBB  
Correo electrónico:  
ing.diegorivera@hotmail.com

<sup>3</sup>MSc Ciencias Agrarias-  
Fisiología de Cultivos  
Universidad Nacional de  
Colombia-Facultad de  
Agronomía, Corporación  
Colombiana de Investigación  
Agropecuaria-Corpoica, Centro  
de Biotecnología y  
Bioindustria-CBB  
Correo electrónico:  
dmobandoc@unal.edu.co

<sup>4</sup>Ph. D. Ciencias agrícolas. Líder  
Laboratorio de Microbiología  
de Suelos, Corporación  
Colombiana de Investigación  
Agropecuaria-Corpoica, Centro  
de Biotecnología y  
Bioindustria-CBB  
Correo electrónico:  
rbonilla@corpoica.org.co

## Resumen

Se realizó una etapa exploratoria aplicando el diseño Plackett-Burman para cuatro fuentes de carbono, dos fuentes de nitrógeno,  $K_2HPO_4$  y  $MgSO_4$  y una solución de micronutrientes con el fin de seleccionar los factores nutricionales más influyentes sobre el crecimiento del microorganismo. Posteriormente, se llevó a cabo un proceso de optimización aplicando el diseño Box-Behnken de los tres factores más influyentes; los resultados indicaron que la producción de biomasa (UFC/mL) fue afectada significativamente por condiciones tanto nutricionales como físicas del medio de cultivo; el máximo rendimiento obtenido fue de  $1 \times 10^9$  UFC/mL, el cual se logró bajo las siguientes condiciones: 3 g/L sacarosa, 6,75 mL/L melaza, 0,77 mL/L glicerol, 14,42 mL/L hidrolizado de soya, 0,848 g/L hidrolizado de levadura, 0,25 g/L  $K_2HPO_4$ , 3/5 aireación y agitación a 120 rpm con un tiempo de fermentación de 26 horas.

**Palabras clave:** *Azospirillum brasilense*, diseño Plackett-Burman, diseño Box-Behnken, superficie de respuesta.

## Abstract

The Plackett-Burman statistical design was initially applied for Screening the most important nutritional variables (four carbon sources, two nitrogen sources,  $K_2HPO_4$  and  $MgSO_4$  and a trace elements solution) affecting microorganism biomass production. Subsequently, a optimising the process by applied a Box-Behnken design for the most important factors tree. The results showed that biomass (UFC/mL) production was strongly affected by nutritional and physico conditions of culture medium. The highest yield was obtained in the following conditions: 3g/L sucrose, 6,75 mL/L molasses, 0,77 mL/L glycerol, 14,42 mL/L soybean hydrolyzate, 0,848 g/L yeast hydrolyzate, 0,25 g/L  $K_2HPO_4$ , 3/5

aeration and shaking at 120 rpm 26 hours total fermentation time during which  $1 \times 10^9$  UFC/mL were obtained.

**Keywords:** *Azospirillum brasilense*, Plackett-Burman Design, Box-Behnken Design, Response surface.

## Introducción

El Cesar es uno de los principales departamentos ganaderos de la Costa Caribe y la mayor parte de su hato está dedicado a la producción conjunta de leche y de carne. Y es donde los cultivos de pasto juegan un papel importante en la alimentación y nutrición del ganado (Gamarra, 2005). Debido a esto, para que existan buenos rendimientos en cuanto a calidad nutricional y productividad del forraje se debe tener en cuenta el estado del suelo; por lo que actualmente este presenta un deterioro físico, químico y biológico afectando severamente su capacidad productiva a mediano y largo plazo, comprometiendo de esta manera la viabilidad económica de los sistemas ganaderos ocasionados por el uso desmedido de fertilizantes de síntesis química (Adesemoye *et al.*, 2008; Cárdenas *et al.*, 2010)

Por lo tanto, una alternativa viable que contribuye favorablemente con este propósito es el uso de los biofertilizantes (Dobbelaere *et al.*, 2003; Baldani *et al.*, 2008) los cuales recuperan la fertilidad y productividad del suelo y permiten darle a las plantas los nutrimentos necesarios para su crecimiento contribuyendo en este sentido a mejorar la calidad de los cultivos para su producción agrícola (Adesemoye *et al.*, 2008).

De esta manera, es de gran importancia la multiplicación de *Azospirillum spp.* para mejorar la calidad del suelo y productividad de los cultivos (Díaz-Zorita y Fernández-

Canigia, 2009; Bashan *et al.*, 2011), por lo que la aplicación de diseños estadísticos (Niladevi *et al.*, 2009) secuenciales para la generación de un medio de cultivo económico se convierte en un factor determinante a la hora de producir un inoculante bacteriano, debido a los elevados costos de los nutrientes grado reactivo que son utilizados. Es por lo anterior que se requiere un proceso de desarrollo tecnológico que incluya la estandarización de las condiciones nutricionales, manejando los requerimientos fisiológicos mediante herramientas estadísticas que permitan obtener una aproximación de los factores que intervienen en la viabilidad celular (Niladevi *et al.*, 2009).

De acuerdo a lo anterior, el objetivo de este estudio fue estandarizar un medio de cultivo alternativo para la multiplicación de *Azospirillum brasilense* C16, evaluando sustratos de bajo costo sobre el crecimiento máximo del microorganismo a escala de laboratorio.

## Materiales y métodos

### Microorganismo y medio de cultivo

La cepa C16 (*Azospirillum brasilense*) fue suministrada por el Banco de cepas del Laboratorio de Microbiología de Suelos del Centro de Biotecnología y Bioindustria (CBB-Corpoica C.I Tibaitatá). El microorganismo fue mantenido en crioconservación a  $-20^{\circ}\text{C}$  y se reactivó en el medio de cultivo Dygs ( $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ : 0,5 g/L,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ : 0,5

g/L, glucosa: 2g/L, peptona universal: 1,5 g/L, extracto de levadura: 2g/L, ácido glutámico: 1,5 g/L, ácido málico: 2g/L ajustado a un pH de 7,0) (Rodríguez *et al.*, 1986).

### Estandarización del inóculo y determinación de la viabilidad celular

Se realizó una suspensión celular al 10% en solución salina (NaCl 0,85%) de la cepa C16 crecida a una temperatura de  $30 \pm 2^\circ\text{C}$  a 120 rpm durante 30 h, ajustada al tubo N° 5 de la Escala de Mc Farland. La viabilidad celular se determinó mediante recuento en placa por la técnica de microgota (Doyle *et al.*, 2000) sobre agar batata (Döbereiner *et al.*, 1995), realizando diluciones seriadas en base diez desde  $10^{-2}$  hasta  $10^{-8}$ . El tiempo de incubación fue de 48h a  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ .

### Caracterización de los sustratos empleados

Se utilizaron seis sustratos: sacarosa, melaza, glutamato, glicerol, soya y extracto de levadura. Se determinó el porcentaje de carbono orgánico por el método de Walkley-Black modificado y nitrógeno total por el método Kjeldahl.

### Cinética de crecimiento en el medio de cultivo de referencia y alternativo

Se realizó una suspensión celular al 10% (v/v) de la bacteria en solución salina (NaCl 0,85%), la cual fue ajustada con el tubo N° 5 de la Escala de Mc Farland. Ésta se llevó a un erlenmeyer de 2000 mL, tomando una relación de aireación (1/5) a 120 rpm y una temperatura de  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ ; el ensayo fue realizado por triplicado tomando muestras cada 3 horas durante 48 horas.

### Análisis estadístico y de costos

Se aplicó una etapa preliminar exploratoria -screening- usando el diseño Plackett-Burman (Plackett y Burman, 1946) y una etapa de optimización mediante la generación de una

superficie de respuesta, con la aplicación del diseño Box-Behnken; el cual permite seleccionar los factores más influyentes (Box y Behnken, 1960). Se utilizó el software estadístico Statgraphics Plus (versión 5.1).

Se implementaron 14 tratamientos por triplicado, utilizando erlenmeyers de 125 mL. Se evaluaron 9 factores nutricionales: cuatro fuentes de carbono (sacarosa, melaza, glutamato y glicerol), dos fuentes de nitrógeno (hidrolizado de soya e hidrolizado de extracto de levadura), dos sales ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$  y  $\text{MgSO}_4$ ), solución de microelementos y dos factores físicos: aireación y agitación (Tabla 1). Cada factor se evaluó a dos niveles, un nivel alto denotado por (+) y un nivel bajo designado por (-).

Tabla 1. Factores analizados con un diseño Plackett-Burman, codificación de los factores y niveles manejados

| FACTOR (g/L)                        | SÍMBOLO        | NIVELES DEL FACTOR |                |
|-------------------------------------|----------------|--------------------|----------------|
|                                     |                | Nivel bajo (-)     | Nivel alto (+) |
| $\text{K}_2\text{HPO}_4$            | S <sub>1</sub> | 0,25               | 0,75           |
| $\text{MgSO}_4$                     | S <sub>2</sub> | 0,25               | 0,75           |
| Sacarosa                            | C <sub>1</sub> | 1                  | 3              |
| Melaza                              | C <sub>2</sub> | 0,675              | 2,025          |
| Glutamato                           | C <sub>3</sub> | 0,74625            | 2,23875        |
| Glicerol                            | C <sub>4</sub> | 0,98               | 2,94           |
| Hidrolizado de soya                 | N <sub>1</sub> | 0,721              | 2,163          |
| Hidrolizado de extracto de levadura | N <sub>2</sub> | 0,848              | 2,544          |
| Aireación                           | I              | 1/5                | 2/5            |
| Agitación                           | J              | 60 rpm             | 180 rpm        |
| Microelementos                      | K              | 0,5 ml/L           | 1,5ml/L        |

## Resultados y discusión

### Caracterización de los sustratos empleados

Se obtuvieron los valores de concentración de carbono y nitrógeno total de las seis fuentes nutricionales utilizadas, lo anterior permitió establecer las mejores relaciones nutricionales para asociarla con la capacidad metabólica del microorganismo en estudio (Tabla 2).

**Tabla 2.** Concentración de carbono y nitrógeno total en las fuentes de crecimiento

| Fuente de crecimiento                | % Carbono | % Nitrógeno | C/N   |
|--------------------------------------|-----------|-------------|-------|
| Sacarosa-C <sub>1</sub>              | 42,1      | *ND         | 42,1  |
| Melaza-C <sub>2</sub>                | 67,5      | 0,16        | 421,9 |
| Glutamato-C <sub>3</sub>             | 35,4      | 8,27        | 4,28  |
| Glicerol-C <sub>4</sub>              | 52,9      | *ND         | 52,9  |
| Soya-N <sub>1</sub>                  | 72,1      | 5,88        | 12,3  |
| Extracto de levadura- N <sub>2</sub> | 84,8      | 7,52        | 11,28 |

\*ND: No detectable

### Fase screening-Diseño Plackett-Burman

Los datos para cada uno de los factores analizados no presentaron efectos estadísticamente significativos sobre la variable respuesta ( $p < 0,05$ ) (Tabla 3).

**Tabla 3.** Análisis de varianza (Anova) de los resultados obtenidos para determinar los valores de estadístico F, con un nivel de confianza del 95% del diseño experimental Plackett-Burman.

| **Símbolo      | GL <sup>1</sup> | Estimación | Suma de cuadrados | F-Ratio | P-valor         |
|----------------|-----------------|------------|-------------------|---------|-----------------|
| I              | 1               | 0,118333   | 0,126025          | 3,57    | <b>0,0721 *</b> |
| N <sub>2</sub> | 1               | -0,0872222 | 0,0684694         | 1,94    | <b>0,1777 *</b> |
| C <sub>1</sub> | 1               | 0,0794444  | 0,0568028         | 1,61    | <b>0,2179 *</b> |
| C <sub>2</sub> | 1               | -0,0783333 | 0,055225          | 1,56    | 0,2242          |
| C <sub>4</sub> | 1               | -0,0783333 | 0,055225          | 1,56    | 0,2242          |
| N <sub>1</sub> | 1               | -0,0716667 | 0,046225          | 1,31    | 0,2649          |
| J              | 1               | 0,0661111  | 0,0393361         | 1,11    | 0,3027          |
| S <sub>1</sub> | 1               | -0,0694444 | 0,0434028         | 1,23    | 0,2796          |
| S <sub>2</sub> | 1               | 0,0105556  | 0,00100278        | 0,03    | 0,8677          |
| C <sub>3</sub> | 1               | 0,0283333  | 0,007225          | 0,20    | 0,6555          |
| K              | 1               | 0,0505556  | 0,0230028         | 0,65    | 0,4282          |

<sup>1</sup>GL: Grados de libertad, \*Factores significativos sobre el crecimiento del microorganismo. \*\*Codificación de los símbolos nombrados previamente en la tabla 1.

Con los resultados obtenidos se seleccionaron los factores: aireación (I), hidrolizado de extracto de levadura (N<sub>2</sub>) y la sacarosa (C<sub>1</sub>) que presentaron una significancia representativa, mientras que se descartaron los factores: MgSO<sub>4</sub> (S<sub>2</sub>), glutamato (C<sub>3</sub>) y la solución de microelementos (K) por presentar valores de P mayores.

Al emplear el análisis matemático se reemplazaron los coeficientes de regresión para cada factor en la ecuación 1 y se estableció el modelo de ajuste de regresión para la productividad en células (Y).

La ecuación lineal del modelo ajustado es:

$$Y = 9,14083 - 0,0347222 \cdot S_1 + 0,00527778 \cdot S_2 + 0,0397222 \cdot C_1 - 0,0391667 \cdot C_2 + 0,0141667 \cdot C_3 - 0,0391667 \cdot C_4 - 0,0358333 \cdot N_1 - 0,0436111 \cdot N_2 + 0,0591667 \cdot I + 0,0330556 \cdot J + 0,0252778 \cdot K$$

Donde Y es la variable de respuesta denotada como viabilidad celular, S<sub>1</sub> y S<sub>2</sub> son K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> y MgSO<sub>4</sub>; C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub> son fuentes de carbono respectivamente, N<sub>1</sub> y N<sub>2</sub> son fuentes de nitrógeno, I es aireación, J es agitación y K es microelementos, permitiendo inferir que la variable más significativa fue la aireación (I) y la variable con el menor efecto fue el MgSO<sub>4</sub> (S<sub>2</sub>).

El suministro de aireación en bajas cantidades (I) favoreció la multiplicación de la bacteria. Este resultado concuerda con lo reportado por autores como Barak *et al.*, (1982); Hartmann y Baldani (2006) donde señalan que a condiciones de baja concentración de oxígeno (microaerofilia) las células de *Azospirillum* sp. crecen y se multiplican satisfactoriamente, permitiéndoles expresar el mecanismo enzimático de la nitrogenasa (Moure *et al.*; 2012)

Así mismo, el hidrolizado de extracto de levadura (N<sub>2</sub>), mostró el segundo valor más representativo sobre la variable respuesta en un nivel bajo; lo cual demuestra la importancia de este factor en bajas cantidades sobre el crecimiento de *A. brasilense* C16. Se puede inferir que el anterior resultado pudo estar relacionado con el aporte de elementos nutricionales nitrogenados, azúcares, fosfatos, potasio y diferentes vitaminas del complejo B presentes en esta fuente de crecimiento (Dahm *et al.*, 1993; Rodelas *et al.*, 1993; Bashan *et al.*; 2011)

La sacarosa (C<sub>1</sub>), presentó una influencia

sobre el crecimiento de la bacteria con una magnitud positiva, por lo que se permite inferir que la relación de las cantidades utilizadas de nitrógeno y carbono en niveles bajos y altos en el diseño respectivamente, contribuye al óptimo desarrollo del microorganismo si se controla adecuadamente de manera que la limitación o el exceso de estos factores nutricionales pueden generar una respuesta desfavorable sobre la capacidad de fijación de nitrógeno (Martínez *et al.*, 1984; Parra y Cuevas, 2001).

Por otra parte, el glutamato (C<sub>3</sub>) fue descartado por ser el segundo factor estadísticamente menos influyente sobre el crecimiento del microorganismo, esto quizás se debió a que este sustrato no pudo ser metabolizado eficientemente por *A. brasilense* por presentar un esqueleto carbonado - $\alpha$ -cetoglutarato- que para esta especie según reportes citados es incapaz de degradarlo. Aunque, también puede atribuirse a que en el medio líquido se encontraban fuentes carbonadas más rápidamente degradables por las diferentes enzimas de las rutas Entner-Doudoroff y Embden-Meyerhof-Parnas (Baldani *et al.*, 1979; Bashan *et al.*, 2011).

A partir de los análisis estadísticos del diseño Plackett-Burman se seleccionaron los tres factores más influyentes (aireación, hidrolizado de extracto de levadura y sacarosa) para ser evaluados en la segunda etapa de optimización, junto con glicerol, hidrolizado de soya y K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> para mantener la diversidad nutricional en el medio alternativo.

**Fase de optimización-Diseño Box-Behnken**

En esta etapa se evaluaron todas las combinaciones posibles para los tres factores seleccionados (A = aireación (I), B = hidrolizado de extracto de levadura (N<sub>2</sub>) y C = sacarosa (C<sub>1</sub>)) mediante la generación de superficies de respuesta (Tabla 4).

Se realizó un análisis de varianza para una regresión múltiple. En general el grado de ajuste del modelo fue del 60,10% de la

variabilidad presentada en la experimentación (Tabla 5)

**Tabla 4.** Factores influyentes analizados en la etapa de optimización para *A. brasilense* C16.

| FACTOR  | SÍMBOLO | NIVEL BAJO (-1) | NIVEL MEDIO (0) | NIVEL ALTO (+1) |
|---|---------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Aireación (I)   | A       | 1/5             | 2/5             | 3/5             |
| Hidrolizado de extracto de levadura (N <sub>2</sub> ) | B       | 0,424 g/L       | 0,848 g/L       | 1,272 g/L       |
| Sacarosa (C <sub>1</sub> )                            | C       | 1,5 g/L         | 3g/L            | 4,5 g/L         |

**Tabla 5.** Análisis de varianza (Anova) aplicando el diseño Box-Behnken para *A. brasilense* C16. Codificación de los factores: A = aireación (I), B = hidrolizado de extracto levadura (N<sub>2</sub>) y C = sacarosa (C<sub>1</sub>).

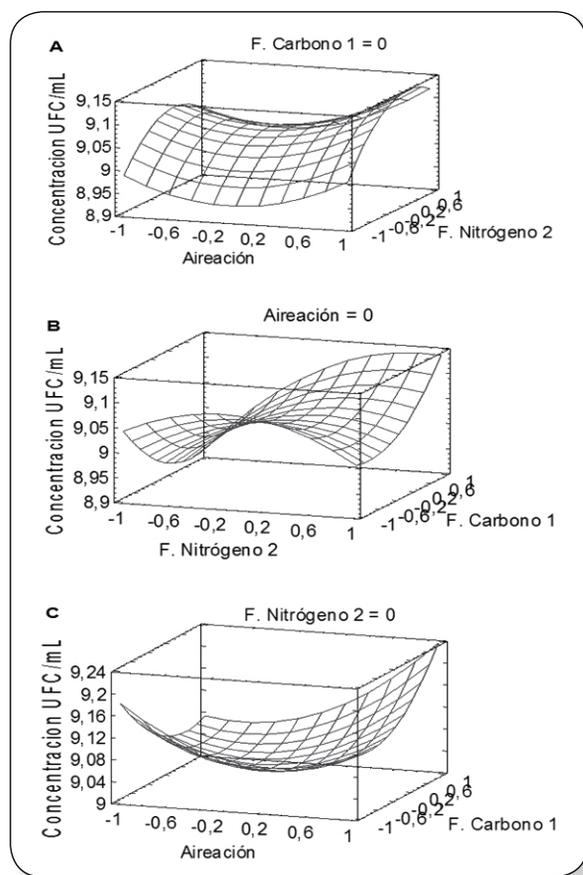
| Factor             | Suma de cuadrados | F-ratio | Estimación | P-valor |
|--------------------|-------------------|---------|------------|---------|
| A = I              | 0,0045125         | 0,38    | 0,0475     | 0,5654  |
| B = N <sub>2</sub> | 0,0153125         | 1,28    | 0,0875     | 0,3086  |
| C = C <sub>1</sub> | 0,0002            | 0,02    | 0,01       | 0,902   |
| AA                 | 0,0136641         | 1,15    | 0,121667   | 0,3334  |
| AB                 | 0,0009            | 0,08    | 0,03       | 0,7945  |
| AC                 | 0,013225          | 1,11    | 0,115      | 0,3406  |
| BB                 | 0,0152026         | 1,27    | -0,128333  | 0,3102  |
| BC                 | 0,015625          | 1,31    | 0,125      | 0,3042  |
| CC                 | 0,00862564        | 0,72    | 0,0966667  | 0,4339  |

Se pudo observar que la interacción entre los factores hidrolizado de extracto de levadura (B) y sacarosa (C) presentó un efecto positivo sobre la variable de respuesta con una mayor significancia que los demás factores, de modo que existe influencia conjunta sobre el crecimiento de *Azospirillum brasilense* C16. Simultáneamente, se examinó el efecto independiente de los factores dando como resultado que el factor sacarosa (C), tiene el menor efecto individual por lo que debe existir una relación proporcional entre C/N en el medio de cultivo para que esta fuente (C) tenga un efecto óptimo sobre la variable de respuesta.

Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis de las superficies de respuestas. Para el factor

aireación (A) no se observa claramente una tendencia hacia los dos niveles evaluados (-1 y 1) debido a que se presenta similitud en la concentración del microorganismo; mientras que se observa una menor curvatura en los puntos centrales por lo que nos permite inferir una baja tasa de multiplicación de la bacteria en estas magnitudes. Para el hidrolizado de extracto de levadura (B), las máximas productividades se obtuvieron cuando esta variable se encontró en el nivel 1 manteniendo constante la sacarosa (C) (Figura 1A).

**Figura 1.** Superficies de respuesta de la interacción entre el factor aireación (A), hidrolizado de extracto de levadura (B) y la sacarosa (C).



Cuando la magnitud de aireación (A) se mantuvo constante, se observa que el factor hidrolizado de extracto de levadura (B) presentó una tendencia hacia los puntos centrales con una mayor curvatura en la gráfica, lo que confirma que la formulación de esta cantidad en el nivel medio es la más apropiada para el crecimiento de *Azospirillum*

*brasilense* C16. La respuesta del factor sacarosa (C), reflejó un máximo crecimiento del microorganismo en la región del espacio explorada cuando este factor está en un nivel 1 (Figura 1B).

Cuando el hidrolizado de extracto de levadura (B) se mantuvo constante, se observa el efecto de los niveles evaluados para el factor aireación (A) sobre la variable respuesta. A su vez, la sacarosa (C), mostró una tendencia a maximizar la respuesta si se utiliza un nivel de 1 (Figura 1C).

Mediante el análisis estadístico se obtuvo los coeficientes de regresión generados, reemplazándolos en la ecuación 1 del modelo de regresión se obtiene:

$$Y = 9,04333 + 0,02375 \cdot A + 0,04375 \cdot B + 0,005 \cdot C + 0,0608333 \cdot A^2 + 0,015 \cdot AB + 0,0575 \cdot AC - 0,0641667 \cdot B^2 + 0,0625 \cdot BC + 0,0483333 \cdot C^2$$

La composición del medio de cultivo estandarizado fue de: 3 g/L sacarosa (C<sub>1</sub>), 6,75 mL/L melaza (C<sub>2</sub>), 0,77 mL/L glicerol (C<sub>4</sub>), 14,42 mL/L hidrolizado de soya (N<sub>1</sub>), 0,848 g/L hidrolizado de extracto de levadura (N<sub>2</sub>), 0,25 g/L K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (S1), 3/5 aireación y una agitación de 120 rpm.

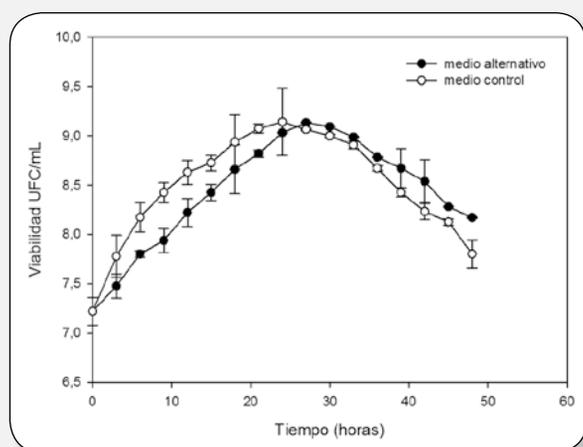
**Cinética de crecimiento en el medio de cultivo tradicional y alternativo**

Se determinó la cinética de crecimiento de *Azospirillum brasilense* C16 tanto en el medio de control y alternativo. Se obtuvo una concentración de 1 X 10<sup>9</sup> UFC/mL en un tiempo óptimo de fermentación de 26 horas en el medio alternativo; mientras que en el medio control se obtuvo la misma concentración en menor tiempo. Sin embargo, el medio de cultivo control se consumió mucho más rápido descendiendo drásticamente su concentración (Figura 2).

En contraste, se linealizó la curva de crecimiento de *A. brasilense* C16 en los medios evaluados, obteniendo los parámetros

cinéticos: velocidad específica de crecimiento ( $\mu_x$ ) y el tiempo de duplicación ( $td$ ) (Tabla 6).

**Figura 2.** Cinética de crecimiento para *A. brasilense* C16 en función del tiempo en el medio control-Dygs y medio de cultivo alternativo.



**Tabla 6.** Parámetros cinéticos para *A. brasilense* C16 en el medio control y medio alternativo.

| Parámetro Cinéticos                             | Medio control        | Medio alternativo    |
|---|----------------------|----------------------|
| Velocidad específica de crecimiento ( $\mu_x$ ) | 0,25 h <sup>-1</sup> | 0,22 h <sup>-1</sup> |
| Tiempo de duplicación ( $td$ )                  | 2,77 h               | 3,15 h               |

Al analizar los resultados obtenidos, se puede discutir que las fuentes de crecimiento complejas utilizadas en el medio alternativo requieren de un gran número de reacciones metabólicas para degradar estos sustratos por el microorganismo; asegurando de esta manera la multiplicación efectiva de la bacteria por más tiempo en comparación con los sustratos utilizados en el medio control; los cuales son degradados más rápidamente ocasionando el consumo de estos en menor tiempo.

El análisis costo-beneficio realizado a la tecnología generó una reducción de los costos, al reemplazar insumos grado reactivo en el medio control por fuentes nutricionales alternativas, por un valor de \$ 85,43 por litro en el medio alternativo; mientras que el costo del medio de referencia tiene un precio estimado de \$ 2922,76.

Es importante resaltar que aunque la concentración fue similar en ambos medios de cultivos durante el tiempo evaluado, se destaca el menor costo con el medio estandarizado utilizando sustratos agroindustriales.

## Conclusiones

La aplicación de herramientas estadísticas y de diseños de experimentos demostraron ser estrategias útiles y eficientes para llevar a cabo la optimización de medios de cultivo. El análisis demostró que la producción de biomasa en *A. brasilense* C16 esta determinada por la aireación, hidrolizado de extracto de levadura y la sacarosa.

El diseño de Box-Behnken demostró que para mantener una adecuada concentración de *Azospirillum brasilense* C16, es preciso que el balance de las magnitudes de los factores sean cuidadosamente controladas manteniendo estables la relación de aireación y agitación. El medio de cultivo alternativo para *Azospirillum brasilense* C16 mostró una economía del 95% en comparación con el medio de referencia.

## Referencias Bibliográficas

ADESEMOYE, A.O., TORBERT, H.A., KLOPPER, J.W. 2008. Enhanced plant nutrient use efficiency with PGPR and AMF in an integrated nutrient management system. *Can. J. Microbiol.* 54: 876–886.

BALDANI, V.L.D., FERREIRA, J., TEIXEIRA, K., BALDANI, J.I., REIS, V. 2008. Cap. Inoculants based on nitrogen fixing bacteria *Azospirillum* spp and their application in tropical agriculture. ISBN: 978-987-98475-8-9 225 –232.

BALDANI, JOSÉ IVO et al., Genus *Azospirillum* sp., 1979.

BARAK, R. NUR, I., OKON, I and HENIS, Y. 1982. Aerotactic response of *Azospirillum brasilense*, 1982. *J. Bacteriol.* 152: p. 643-649.

BASHAN, Y., TREJO, A., DE-BASHAN, L.E. 2011. Development of two culture media for mass cultivation of *Azospirillum spp.* and for production of inoculants to enhance plant growth. *Biol Fertil Soils* 47:963–969.

BOX G, BEHNKEN D. 1960. Some new three level designs for the study of quantitative variables *Technometrics*. 2(4): 455-475.

CÁRDENAS, D.M., GARRIDO, M., BONILLA, R., BALDANI, V.L. 2010. Aislamiento y caracterización de cepas de *Azospirillum sp.* en pasto guinea (*Panicum maximum jacq.*) del valle del Cesar. *Pastos y Forrajes* 33(3):1-10.

DAHM, H., ROZYCKI, H., STRZELCZYK, E., LI C.Y. 1993. Production of B-group vitamins by *Azospirillum spp.* grown in media of different pH at different temperatures. *Z. Mikrobiol.* 148: p. 195-203.

DÍAZ-ZORITA, M., FERNÁNDEZ-CANIGIA, M.V. 2009. Field performance of a liquid formulation of *Azospirillum brasilense* on dryland wheat productivity. *European journal of soil biology*. 45: 3-11.

DOBBELAERE, S., VANDERLEYDEN, J., OKON Y. 2003. Plant growth promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere, *Crit. Rev. Plant Sci.* 22: 107–149.

DÖBEREINER, J., BALDANI, V.L.D., BALDANI, J.I. 1995. Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas. *Embrapa-CNPAB*.

DOYLE, M., BEUCHAT, L., MONTVILLE, T. 2000. *Microbiología de los alimentos fundamentos y fronteras*. España: Acibia. p. 312-320

GAMARRA, J.R. 2005. La economía del Cesar después del algodón. En: *Documentos de trabajo sobre economía regional*. No. 59. 116 p.

HARTMANN, A. BALDANI, J.I. 2006. Chapter 3.1.5. The Genus *Azospirillum*. *Prokaryotes* 5: 115–140. DOI: 10.1007/0-387-30745-1\_6.

MARTINEZ-DRETS, G, DEL GALLO, M., BURPEE C., BURRIS, R.H. 1984. Catabolism of carbohydrates and organics acids and expression of nitrogenase by *Azospirilla*, 1984. *J. Bacteriol.* 159: 80-85.

MOURE, V.R., DANYAL, K., YANG, Z.Y., WENDROTH, S., MÜLLER-SANTOS, M., PEDROSA, F.O., SCARDUELLI, M., GERHARDT, E.C., HUERGO, L.F, SOUZA, E.M., SEEFELDT, L.C. 2012. The Nitrogenase Regulatory Enzyme Dinitrogenase Reductase ADP-ribosyltransferase (DraT) is Activated by Direct Interaction with the Signal Transduction Protein GlnB. *J. Bacteriol.* doi:10.1128/JB.01517-12. p. 1-28.

NILADEVI, K.N., SUKUMARAN, R.K., JACOB, N., ANISHA, G.S., PREMA, P. 2009. Optimization of laccase production from a novel strain—*Streptomyces psammoticus* using response surface methodology *Microbiological Research* 164: 105—113.

PARRA, Y., CUEVAS, F. 2001. Potencialidades de *Azospirillum* como inoculante para la agricultura. *Cultivos Tropicales*, 23: p. 31-41.

PLACKETT, R., BURMAN, J. 1946. The design of optimum multifactorial experiments. *Biometrika* 33(4): 305-325.

RODRIGUES, J., MALAVOLTA, V.A., VICTOR. O. 1986. Meio simples para o isolamento e cultivo de *Xanthomonas campestris* pv. citri tipo B. *Summa Phytopathologica*, Campinas, v. 12, n. 1-2, p. 16.

RODELAS, B.V., SALMERON, V., MARTINEZ-TOLEDO and GONZALEZ-LOPEZ, M. 1993. Production of vitamins by *Azospirillum brasilense* in chemically-defined media. *Plant. Soil.* 153: p. 97-10.1

# Ubicuidad en sistemas de telecomunicaciones a través de laboratorios virtuales<sup>1</sup>

Gómez R. Jorge<sup>2</sup> | Camargo A. Leonardo<sup>3</sup> | Medina D. Byron<sup>4</sup>

Recibido:  
Agosto 2 de 2012

Aceptado:  
Noviembre 28 de 2012

<sup>1</sup>El artículo es el resultado de un trabajo de desarrollo de grupos de investigación, con el fin de implementar estrategias de aprendizaje con nuevas tecnologías de información .

<sup>2</sup>Magíster en Ingeniería Electrónica, Grupo de Investigación en Desarrollo Electrónico y Aplicaciones Móviles GIDEAM, Universidad del Magdalena, Carrera 32 No. 22-08 Sector San Pedro Alejandrino, Santa Marta, Colombia,  
Correo electrónico: jgomez@unimagdalena.edu.co

<sup>3</sup>Magíster en Ingeniería Electrónica, Grupo de Investigación en Desarrollo Electrónico y Aplicaciones Móviles GIDEAM, Universidad del Magdalena, Carrera 32 No. 22-08 Sector San Pedro Alejandrino, Santa Marta, Colombia,  
Correo electrónico: lcamargoa@unimagdalena.edu.co

<sup>4</sup>Magíster en Ingeniería Electrónica, Grupo de Investigación y Desarrollo en Telecomunicaciones GIDT, Universidad Francisco de Paula Santander, Avenida Gran Colombia No. 12E-96B Colsag, Cúcuta, Colombia,  
Correo electrónico: bmdelgad@ufps.edu.co

## Resumen

*Basados en la tecnología y el auge de los sistemas de información y telecomunicaciones se presenta un aplicación para atender la necesidad a la optimización de recursos en los programas académicos de ingeniería electrónica. Utilizando técnicas para la virtualización de recursos educativos, se desarrolló una plataforma virtual para el adiestramiento y entrenamiento ubicuo en el área de las telecomunicaciones “Labsistel”, la realización de este proyecto contribuye con el desarrollo académico de los estudiantes de ingeniería electrónica, brindándoles una herramienta que le facilita a cualquier programa de ingeniería electrónica abarcar la temática de las cátedras, aprovechando los espacios, con el fin de enriquecer los conocimientos.*

**Palabras clave:** TIC, sistema de telecomunicaciones, gestor de contenido.

## Abstract

*Based on technology and the rise of information and telecommunications systems, we present an application to address the need to optimize resources for the academic program of electronics engineering. We created a virtual platform called “Labsistel” for the ubiquitous training of students in the area of telecommunications. We used techniques for the virtualization of the educational resources. This project contributes to the academic development of the electronics engineering students, providing a tool that allows any electronics engineering program to cover the content of the lectures, using new technologies to improve the learning experience.*

**Keywords:** TIC, Telecommunications System, Content Manager.

## Introducción

El progreso de las comunicaciones unido a la evolución de herramientas y procesos informáticos, han transformado la manera de compartir la información y las ideas, generando cambios trascendentales en los sistemas educativos actuales, principalmente en la educación superior [1]. Este surgimiento ha permitido en los últimos años incursionar enormemente en los procesos de formación profesional de la educación superior. El crecimiento exponencial de estas tecnologías permitió el avance de nuevos software como método de enseñanza, utilizados principalmente en la elaboración de laboratorios específicos. Éstos son cada día más potentes y con la capacidad de simulación interactiva, las cuales han contribuido a desarrollar habilidades cognitivas en el estudiante [2].

La virtualidad es la forma de emplear un recurso sin disponer de él físicamente. A través de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) es posible conseguir ubicuidad, y sinérgicamente con la virtualidad se potencializan herramientas para el desarrollo de competencias y en sí para desarrollar recursos virtuales de aprendizaje. Desde el surgimiento del concepto de laboratorio virtual, el modelo de educación ha experimentado transformaciones en las distintas técnicas de enseñanza [3], de tal forma que las asignaturas sean evaluadas en sus propios términos [4]. La utilización de este medio hoy en día juega un papel importante en la educación superior, gracias a las ventajas de este tipo de tecnología como base en los nuevos modelos de enseñanza, tanto activo como colaborativo; con el fin de permitirle a los estudiantes suplir sus necesidades educativas [1].

Desde el punto de vista de la enseñanza de las telecomunicaciones, la realización de prácticas experimentales sobre sistemas reales es de suma importancia ya que, no solamente ayuda a los estudiantes a asimilar

los conceptos teóricos; sino que también, desvela otros aspectos difíciles de abordar de forma teórica. Este tipo de enseñanza genera una necesidad insaciable de conocimiento y representa desafíos importantes en los procesos de educación, entrenamiento, actualización y mejoramiento de habilidades [5].

En las universidades acreditadas de alta calidad, específicamente el programa de Ingeniería Electrónica, cuentan con software licenciado, que cumple con ciertos términos de uso, establecidos por el fabricante. Estas herramientas son consideradas herramientas institucionales usadas en las cátedras del programa, que al mismo tiempo son fundamentales para el progreso académico [6].

Así mismo los programas académicos tienen establecidos espacios para las prácticas de laboratorios, que complementan las asignaturas de cada área de formación profesional; fundamentalmente en los sistemas de telecomunicaciones. Algunos programas no cuentan con las licencias suficientes ni la disponibilidad de dispositivos, guías o manuales de ejecución de las prácticas de laboratorios adecuados para suplir las experiencias de las temáticas teóricas concernientes a los sistemas de comunicación.

La tendencia global en países de avanzada es que los programas de pregrado se enfoquen en herramientas de simulación; más que en la misma implementación, debido a que éstas permiten que se desarrollen habilidades en el análisis, el diseño y la síntesis, con el fin de entender el sistema [7]. La simulación de los laboratorios tiene como finalidad modelar y variar parámetros para analizar sus cambios o alteraciones, afines a las condiciones de diseño, para poder comprobar los resultados obtenidos y así proseguir a la implementación.

El tiempo juega un papel muy importante en el desarrollo de las temáticas de las asignaturas correspondientes a las comunicaciones, debido a que se necesitan horas teóricas, las cuales son asistidas por el docente; horas

prácticas, en las cuales se llevan a cabo las experiencias en los laboratorios y, horas autónomas empleadas por los estudiantes para desarrollar las actividades programadas [8]. El diseño de los laboratorios virtuales le permite al discente volverse gestor de su propio aprendizaje y al profesor convertirse en facilitador, colaborador y orientador de ese proceso [9], es decir, potencializar el trabajo independiente en sus horas autónomas.

Por medio de este proyecto se buscó realizar aprendizajes autónomos basados en experiencias de laboratorios en las diferentes áreas de las telecomunicaciones, en el que a través de aplicaciones para computadoras se pueda simular las temáticas fundamentales para el desarrollo de la asignatura y a su vez reforzar la teoría, permitiendo al estudiante una mejor demostración de los conceptos tratados en las horas de clases.

Por medio del laboratorio virtual se logra ampliar el espectro de ocupación de los estudiantes, permitiendo a los alumnos realizar sus prácticas sin restricciones de horario y con la posibilidad de ejecución ilimitada.

El diseño de los laboratorios virtuales, fortalece los cursos en el área de las telecomunicaciones y le permite a las universidades dinamizar y explotar al máximo los recursos de los laboratorios tangibles empleados por el programa de Ingeniería Electrónica para dedicarlos a la investigación.

## *Materiales y métodos*

La metodología utilizada para desarrollar el proyecto es la de Estructura de Descomposición del Trabajo o EDT, también conocida por su nombre en inglés Work Breakdown Structure o WBS, es en gestión de proyectos una descomposición jerárquica orientada al entregable, del trabajo a ser ejecutado por el equipo del proyecto, para cumplir con los objetivos de éste y crear los entregables requeridos, con cada nivel descendente de la EDT, representando una

definición con un detalle incrementado del trabajo del proyecto. La EDT es una herramienta fundamental en la gestión de proyectos [10].

El propósito de una EDT es organizar y definir el alcance total aprobado del proyecto según lo declarado en la documentación vigente. Su forma jerárquica permite una fácil identificación de los elementos finales, llamados paquetes de trabajo. Se trata de un elemento exhaustivo en cuanto al alcance del proyecto, la EDT sirve como la base para la planificación del proyecto. Todo trabajo a realizar en el proyecto debe poder rastrear su origen en una o más entradas de la EDT [11].

Es por todo lo anterior que se utiliza esta metodología para el desarrollo del proyecto, permitiendo la libertad de dividir de manera flexible los trabajos y las tareas a realizar, en donde los objetivos se distribuyen en actividades y, las actividades se fraccionan en tareas.

### **Fase I: Determinar las temáticas.**

- Recopilación de datos: se realizó la documentación referente a las temáticas impartidas en el área de las telecomunicaciones.
- Análisis de la información: se clasificó por orden secuencial según el diseño curricular vigente, la información relevante obtenida en la actividad anterior y se determinaron las temáticas de amplitud modulada, frecuencia modulada, televisión analógica, muestreo, codificación de línea y modulación digital.

### **Fase II: Diseño de una plataforma interactiva y dinámica.**

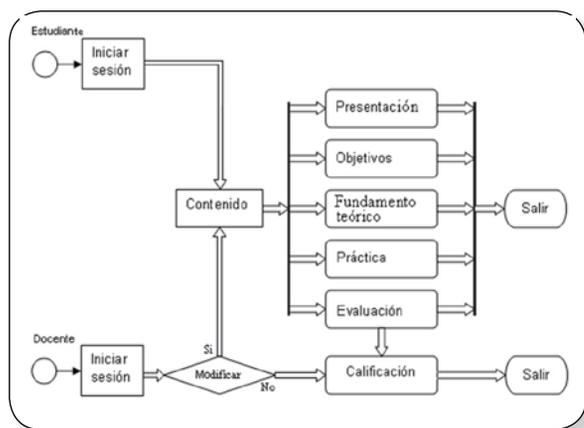
- Análisis de herramientas: se realizó un estudio de los diferentes software que cumplen con las características para el desarrollo del proyecto. Los criterios de selección son el tipo de licenciamiento, las potencialidades gráficas, la actualización en línea de la plataforma, la seguridad

y, la usabilidad. Se determina que los software Joomla, Hot Potatoes, LabView y Matlab cumplen con las características del proyecto.

- Análisis funcional del software: se inicia la etapa de conocimiento e interacción con el software, en aras de garantizar la eficiencia del mismo en el proceso de estructuración de las etapas.
- Diseño de las etapas: se plantean las diferentes etapas que va a tener la plataforma virtual y el diseño respectivo al modelo metodológico que más se adecúa a la representación de cada etapa (ver figura 1)

En la etapa de iniciar sesión el estudiante y/o el docente se validan e ingresan a la plataforma.

Figura 1. Etapas de los laboratorios virtuales.



En la etapa de contenido el docente crea y modifica el material que el estudiante observa y realizará en su laboratorio. El contenido de la plataforma está subdividido en presentación, objetivos, fundamento teórico, práctica y evaluación.

En la presentación el estudiante y/o el docente encuentran una pequeña introducción de la temática.

En los objetivos se determinan las destrezas y habilidades a adquirir y desarrollar a cerca de la temática.

El fundamento teórico representa los conceptos relevantes de la temática y su aplicación en la vida real antes de realizar las prácticas.

En la práctica se ejercitan los conocimientos adquiridos, asociando los términos teóricos asimilados durante la interacción con la plataforma.

En la evaluación el estudiante mide los conocimientos adquiridos con respecto a la temática, en una prueba corta. Las preguntas se toman aleatoriamente de una base de datos que se encuentra en el servidor donde se aloja el aplicativo. Del mismo modo, esta base de datos es actualizable por el docente con su respectiva autenticación. Solo se permite el paso de una temática a otra con la aprobación de la evaluación.

En la etapa de calificación se asigna un valor numérico al trabajo realizado por el estudiante dentro de la plataforma.

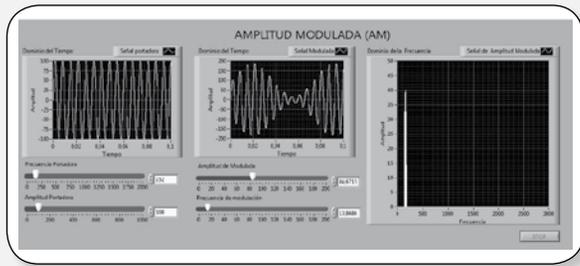
**Fase III: Implementación de laboratorios virtuales.**

- De acuerdo con los diseños desarrollados en la fase anterior, se procede a la construcción de los algoritmos correspondientes a cada laboratorio, pero cada uno con su respectiva interfaz gráfica; posteriormente, se realiza la integración de los laboratorios.

**Fase IV: Verificación.**

- Se realizan pruebas a la plataforma virtual, para determinar el nivel de confianza y de facilidad, al utilizar los laboratorios virtuales, permitiendo establecer ajustes en los diseños elaborados en las fases anteriores. En la figura 2 se muestra la interfaz de presentación de la herramienta, en una práctica aplicada de modulación en amplitud que es la temática central de un curso de esta índole.

Figura 2. Práctica virtual acerca de modulación en amplitud desde LABSITEL.



## Desarrollo de Labsistel

### • Arquitectura de Labsistel

La plataforma utiliza una arquitectura cliente-servidor, que permite al cliente interactuar con el sistema en un ambiente distribuido. La información de registro, acceso y evaluación, es almacenada en una base de datos que se puede acceder a través de Internet, requiriendo que el cliente y el servidor manejen documentos Web.

Se emplea MATLAB y LabView como herramientas de procesamiento matemático y procesamiento de señales, respectivamente. Estos son software licenciados que se emplean en la mayoría de las instituciones acreditadas con calidad y que poseen una Facultad de Ingeniería.

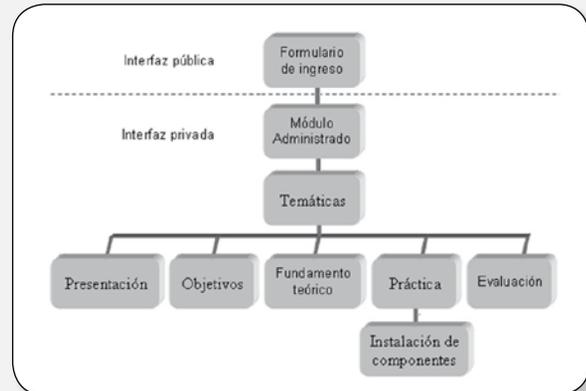
### • Funcionalidades

La interfaz de usuario (ver figura 3) del sistema está dividida en dos partes, una pública y otra privada. En la parte pública, el estudiante sólo puede iniciar sesión. En la parte privada sólo se tiene acceso si se está registrado, en ésta, el usuario interactúa con todos los elementos del sistema y, desarrolla las prácticas y evaluaciones de las temáticas.

En la opción de Ingreso se presenta un formulario en una página PHP, donde el usuario se registra para ingresar a la parte privada de la plataforma. La plataforma verifica que el usuario esté registrado en la base de datos, en caso contrario, el sistema niega el

acceso a éste y le indica que sólo puede hacer uso de la plataforma realizando el respectivo registro. Luego de comprobar la existencia del usuario en la base de datos, un servlet se comunica con el servidor, permitiendo el acceso al entorno de la plataforma.

Figura 3. Esquema de las interfaces de la plataforma.



En Labsistel se emplearon documentos estáticos, dinámicos y activos.

La información contenida en los documentos Web estáticos reside en el servidor y, cada vez que se hace una solicitud a documentos de este tipo, se entrega siempre la misma respuesta, como ejemplo, las presentaciones, objetivos y fundamento teórico de cada temática.

Los documentos Web dinámicos son creados por el servidor como respuesta a la solicitud de un usuario, por lo que no existen de forma predeterminada en el servidor. Estos documentos presentan un comportamiento dinámico debido, principalmente, a que son controlados por un programa de aplicación. Cuando la solicitud del cliente llega al servidor, éste ejecuta un programa de aplicación que crea el documento y lo devuelve al cliente. Debido a que con cada nueva solicitud se crea un nuevo documento, el contenido del documento es dinámico y, presenta variaciones entre una y otra consulta, como por ejemplo las evaluaciones aplicadas en Labsistel.

Los documentos activos son generados mediante un programa que se ejecuta del

lado del cliente. Si un documento de este tipo es solicitado por el cliente, el servidor hace la gestión y devuelve al usuario la copia de un programa que se ejecutará localmente. El programa del documento activo permite la interacción directa con el usuario, y éste último, puede manipularlo para alterar constantemente el contenido de la información que se presenta, como por ejemplo las prácticas de laboratorios.

## Evaluación

Dado que la herramienta elaborada está orientada a desarrollar las competencias básicas de la observación, la comparación y el contraste, Labsistel tiene una serie de datos almacenados que pueden ser modificados por los docentes, esto incluye la parte de la calificación. Por tal motivo, se somete a verificación la herramienta desde dos puntos de vista, el académico y el de software. Desde el plano académico es apreciable como el apoyo obtenido con Labsistel permitió a los estudiantes de un curso específico mejorar sus resultados frente al historial promedio. Desde el punto de vista de la ingeniería de software, la evaluación es un elemento crítico para la garantía de calidad del software y, representa una revisión final de las especificaciones, del diseño y de la codificación [12]. Una vez que se ha creado un prototipo de interfaz que funcione, debe evaluarse para determinar si satisface las necesidades del usuario. El espectro de evaluación puede ir desde una ejecución de prueba informal, en la que el usuario proporcione sus sensaciones, hasta un estudio diseñado formalmente que use métodos estadísticos para la evaluación de cuestionarios aplicados a una población de usuarios finales [12].

La evaluación de la interfaz se ha hecho utilizando la metodología para la evaluación de interfaces multimedia de Jakob Nielsen [13]. Aquí se desarrolla un concepto propio para medir y dar valor a las aplicaciones computarizadas. Dicho concepto es el grado de usabilidad que una aplicación alcanza [13].

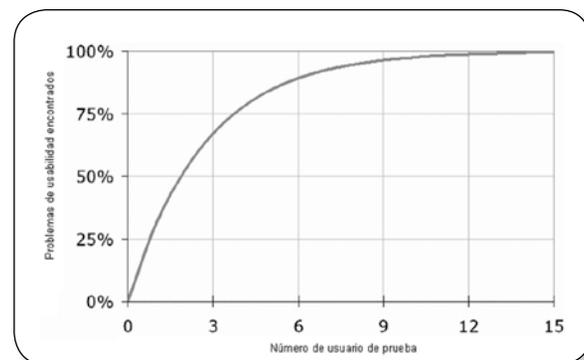
Por definición, la palabra usabilidad puede ser confundida con utilidad, más este término sugiere un concepto más amplio. La usabilidad es la manera en que una aplicación computacional integra cualidades que la hacen eficiente, apropiada y económica, para los usuarios que la utilizan y para los equipos que la soportan [14]. La utilidad, se refiere más bien, a la factibilidad de uso en alguna área específica.

Mediante una evaluación de usabilidad es posible conocer cualidades del sistema que muestren el alcance al que puede llegar, al ser utilizado por usuarios específicos, para conseguir ciertas metas con eficiencia, efectividad y satisfacción, en un contexto de uso concreto.

Según Nielsen, el número de evaluaciones puede variar entre 1 y 15. Nielsen muestra en una gráfica (ver figura 4), el número de problemas de usabilidad detectados en contraste al número de evaluadores que participan.

Como se puede observar en la figura 4, el número ideal de evaluadores según el estudio de Nielsen, debe encontrarse entre 3 y no más de 15 ó 20 participantes.

**Figura 4.** Proporción de problemas de usabilidad encontrados en la aplicación de una evaluación.



Fuente: <http://www.useit.com/alertbox/20000319-user-testing-diminshing-returns-curve.gif>

En el proyecto, se aplica el método propuesto por Nielsen para evaluar la interfaz en cuanto a su usabilidad, tomando en cuenta

que debe reunir los siguientes atributos: la interfaz debe ser fácil de aprender, debe ser eficiente como herramienta de enseñanza, debe ser fácil de recordar, debe contener pocos errores y, debe ser satisfactoria y placentera.

En la tabla 1 se presenta el instrumento de evaluación aplicado a un grupo de estudiantes de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Magdalena.

Tabla 1. Evaluación de usabilidad, Universidad del Magdalena.

| EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD DE LABSISTEL   |  |   |   |   |   |   |
|--|--|---|---|---|---|---|
| LABORATORIOS VIRTUALES PARA LOS SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  |  |   |   |   |   |   |
| Después de realizar las actividades asignadas y en el contexto de la misma, califique, con base en un criterio de 1 a 5, Marcando con una X en el número que indique su respuesta a las siguientes observaciones, siendo 1: Totalmente en desacuerdo y 5: Totalmente de acuerdo. |  |   |   |   |   |   |
| 1  | Fue muy fácil aprender a usar esta plataforma.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2  | Usar la plataforma no fue frustrante.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3  | El tiempo invertido al usar esta plataforma fue productivo                                   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4  | Tuve errores al usar esta plataforma.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5  | Puede hacer todo lo que necesita con la plataforma.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6  | Usar la plataforma fue placentero.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7  | Es fácil identificar elementos comunes en todos los niveles de la plataforma.                | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 8  | En todo momento hubo elementos que me indicaron en qué nivel de la plataforma me encontraba. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 9  | Los diferentes elementos de la interfaz contienen información sencilla y concreta            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10   | Las imágenes se distinguen con claridad.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 11   | Me parece que el contenido está correctamente estructurado.                                  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 12   | La forma de navegación me resulta simple.  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 13   | La presentación de la interfaz me resulta atractiva.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 14   | Me parece una forma entretenida de aprender.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 15   | La plataforma es rápida y eficiente.   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ¡Gracias por su participación!   |  |   |   |   |   |   |

## Resultados

En la evaluación del sistema se aplicaron 20 cuestionarios de evaluación; los resultados que se obtuvieron se aprecian en la tabla 2.

El grupo objetivo se conformó de alumnos de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Magdalena, con conocimientos mínimos del uso de la computadora e Internet. Éstos, evaluaron la plataforma, haciendo uso de la misma durante un periodo de una (1) hora y, tuvieron diez (10) minutos para contestar el cuestionario de evaluación.

Tabla 2. Resultados de la evaluación de usabilidad de la interfaz.

| EVALUACIONES           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                        |    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |    |
| PREGUNTAS              | 1  | 5  | 4  | 4  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 4  | 4  | 5  | 5  | 4  | 5  | 90 |
|                        | 2  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 24 |
|                        | 3  | 5  | 4  | 5  | 5  | 5  | 5  | 4  | 5  | 5  | 4  | 4  | 5  | 3  | 5  | 4  | 4  | 5  | 5  | 5  | 5  | 92 |
|                        | 4  | 2  | 4  | 2  | 4  | 1  | 3  | 4  | 3  | 3  | 1  | 1  | 2  | 1  | 2  | 1  | 3  | 1  | 4  | 2  | 1  | 45 |
|                        | 5  | 4  | 3  | 4  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 3  | 3  | 3  | 4  | 3  | 3  | 2  | 3  | 5  | 4  | 4  | 4  | 78 |
|                        | 6  | 5  | 4  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 4  | 4  | 4  | 5  | 3  | 4  | 5  | 2  | 5  | 5  | 5  | 5  | 90 |
|                        | 7  | 4  | 4  | 5  | 5  | 5  | 4  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 4  | 4  | 3  | 4  | 5  | 5  | 4  | 5  | 91 |
|                        | 8  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 3  | 5  | 2  | 4  | 2  | 2  | 3  | 4  | 4  | 3  | 5  | 4  | 4  | 5  | 80 |
|                        | 9  | 5  | 4  | 4  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 3  | 5  | 5  | 4  | 3  | 4  | 4  | 3  | 5  | 5  | 5  | 5  | 89 |
|                        | 10 | 5  | 4  | 5  | 5  | 5  | 3  | 4  | 5  | 3  | 5  | 5  | 5  | 3  | 5  | 5  | 4  | 5  | 4  | 3  | 5  | 88 |
|                        | 11 | 4  | 3  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 5  | 5  | 96 |
|                        | 12 | 4  | 4  | 4  | 5  | 5  | 5  | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 87 |
|                        | 13 | 5  | 4  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 4  | 5  | 4  | 5  | 5  | 4  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 96 |
|                        | 14 | 5  | 4  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 4  | 4  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 97 |
|                        | 15 | 5  | 4  | 4  | 5  | 5  | 5  | 4  | 5  | 3  | 3  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  | 3  | 5  | 4  | 4  | 4  | 82 |
| TOTALES POR EVALUACIÓN |    | 64 | 57 | 63 | 70 | 67 | 66 | 65 | 69 | 55 | 57 | 55 | 59 | 49 | 61 | 53 | 50 | 65 | 64 | 60 | 67 |    |

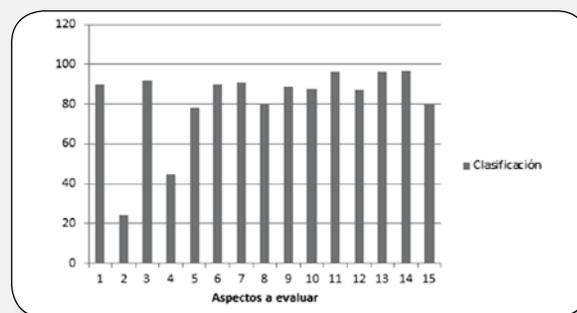
La escala de usabilidad establecida, se observa en la tabla 3, con el fin de evaluar por separado cada aspecto.

Tabla 3. Interpretación de los resultados.

| ESCALA DE USABILIDAD | RESULTADOS                    | INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS  |
|----------------------|-------------------------------|---|
| 20 – 36              | Catástrofe de usabilidad      | Es imperativo resolver el problema antes de liberar la aplicación.            |
| 37 – 53              | Problema de usabilidad mayor  | Es importante resolverlo con alta prioridad.                                  |
| 54 – 70              | Problema de usabilidad menor  | Se debe resolver, pero con baja prioridad.                                    |
| 71 – 87              | Problema cosmético solamente  | No es prioritario darle solución inmediata.                                   |
| 88 – 100             | No hay problema de usabilidad | No estoy de acuerdo en que esto sea un problema de usabilidad en lo absoluto. |

La tendencia general puede observarse en la figura 5.

Figura 5. Tendencias en aspecto de usabilidad de Labsistel.



En general, se presentan aspectos favorables que indican la factibilidad de uso de la plataforma para aprender eficientemente sin que el discente detecte una gran cantidad de errores en el uso del sistema, ya que la mayoría de los estudiantes, lo considera atractivo y placentero según los resultados de la evaluación.

## Conclusiones

Se obtiene una herramienta de educación virtual y ubicua que permite la integración del software licenciado. Esta estrategia va de la mano con la directiva del gobierno nacional de incrementar la cobertura de la educación superior empleando las TIC.

La metodología para la evaluación de interfaces multimedia de Jakob Nielsen, permitió evaluar la plataforma Labsistel en las diferentes etapas y en la totalidad, con la cual se pudo realizar una reestructuración adecuada de la plataforma.

El diseño de las prácticas de laboratorios virtuales para los sistemas de telecomunicaciones aplicado al Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Magdalena contribuyó a la innovación y al desarrollo tecnológico, que orientan los procesos de laboratorios para el programa y, a su vez fortalecen los modelos de enseñanza tanto activo como colaborativo en las áreas de las telecomunicaciones.

El diseño de Labsistel facilita la comprensión de los conceptos aplicados en las temáticas principales de los sistemas de telecomunicaciones, porque desarrolla prácticas interactivas para los usuarios. La plataforma que se implementó, es un aporte al trabajo experimental al interior y al exterior de las aulas de clases, por medio de Internet.

## Referencias Bibliográficas

[1] Eduardo Caicedo, Eval Bacca, Bayron Calvache, Jaiber Cardona y Jaime Buitrago, "Laboratorio distribuido con acceso remoto para la enseñanza de la robótica". *Educación en Ingeniería*, volumen 4, número 7, Junio 2009, pp. 51-61.

[2] Ministerio de Educación Nacional, "Tecnología al Servicio de la Educación". *Altablero*, número 4, Mayo 2001, pp. 20.

[3] Rosado, L. y Herreros, R. J, "Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física". *Formatex*, 2005, pp. 1-2.

[4] Gustavo Meneses, César Ordosgoitia, "Laboratorio virtual basado en la metodología de aprendizaje basado en problemas, Abp". *Educación en Ingeniería*, volumen 4, número 7, Junio 2009, pp. 62-73.

[5] Julian Moreno, Demetrio Ovalle y Rosa Vicari, "Hacia una taxonomía en la educación asistida por computador". *Educación en Ingeniería*, volumen 5, número 9, Junio 2010, pp. 27-36.

[6] Decreto "Por el cual se modifica la estructura del Ministerio de Educación Nacional, y se determinan las funciones de sus dependencias". Decreto número 1306, 17 de Abril 2009.

[7] Jesús López y Mónica Delgado, "Laboratorio virtual de control inteligente". *Educación en Ingeniería*, volumen 4, número 8, Diciembre de 2009, pp. 102-110.

[8] Ministerio de Educación Nacional, "Sistema de Créditos Académicos". *Altablero*, número 10, Noviembre de 2001, pp. 1.

[9] Ministerio de Educación Nacional, "El Docente en un Nuevo Escenario". *Educación Superior*, número 4, marzo 2005, pp. 6.

[10] Booz, *Value Management Tutorial Module 2: Work Breakdown Structure*, Mayo 6 2011, disponible en: [http://science.energy.gov/~media/opa/powerpoint/Final\\_Module\\_2.ppt](http://science.energy.gov/~media/opa/powerpoint/Final_Module_2.ppt)

[11] NASA, *NASA procedimientos y directrices*, 6 de Mayo del 2011, disponible en: [http://nodis3.gsfc.nasa.gov/displayCA.cfm?Internal\\_ID=N\\_PR\\_9501\\_002D\\_&page\\_name=Chp2](http://nodis3.gsfc.nasa.gov/displayCA.cfm?Internal_ID=N_PR_9501_002D_&page_name=Chp2)

[12] Joaquín Fuentes, “Realidad Virtual Aplicada al Tratamiento del Trastorno de la lateralidad y Ubicación Espacial”, México, 2003.

[13] Jakob Nielsen y Robert L. Mack, *Usability Inspection Methods*. 1ª edición, Jhon Wiley and Sons, Estados Unidos, 1994, pp. 41.

[14] Xavier Ferré Grau, “Principios Básicos de Usabilidad para Ingenieros de Software”. *Universidad Politécnica de Madrid*, volumen 1, número 1, Mayo de 2010, pp. 1-8.

# Desarrollo de un módulo didáctico para control angular de un péndulo suspendido

Moreno G. Francisco. E.<sup>1</sup> Becerra V. José A.<sup>2</sup> Ayala G. Yulianny E.<sup>3</sup> Alarcón Ricardo F.<sup>3</sup>

Recibido:  
Junio 23 de 2012

Aceptado:  
Noviembre 12 de 2012

## Resumen

*Este trabajo presenta el desarrollo de un módulo didáctico con la implementación de un controlador proporcional – integrativo (PI) en un péndulo suspendido, donde se regula la velocidad de la hélice de forma se obtenga el ángulo deseado y se mantenga estable ante la presencia de perturbaciones adicionadas al péndulo. Además el módulo didáctico, le fue desarrollado un sistema de adquisición de datos con un microcontrolador atmega atmel 328 en comunicación serial con la plataforma matlab® simulink®, la cual permite un monitoreamiento en línea en tiempo real del comportamiento del péndulo para sus posteriores análisis y prácticas a los estudiantes en el área de teoría control e ingeniería. El comportamiento del sistema fue satisfactorio, se alcanzaron respuestas transitorias no mayores a cuatro segundos por parte del controlador PI para estabilizar el sistema ante la presencia de perturbaciones o cambios tipo escalonado en su setpoint.*

**Palabras clave:** péndulo, controlador PI.

## Abstract

*This paper presents development of a training module to implement a proportional - integrative controller (PI) of a suspended pendulum which regulates the speed of the propeller to obtain the desired angle and to remain stable in the presence of disturbances added into a pendulum. Besides the training module was developed a data acquisition system with a microcontroller atmel atmega 328 serial communication with matlab® simulink ® platform, which enables real-time online supervisory behavior for subsequent analysis pendulum and students practice in the area of control and engineering. The system performance was satisfactory transient responses were achieved no more than four seconds by the PI controller to stabilize the system in the presence of disturbances or changes in its setpoint step type.*

**Keywords:** Pendulum, PI controller, system.

<sup>1</sup>Doctor en Ingeniería Mecánica, Grupo de Investigación en Automatización y Control - GIAC, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta - Colombia. Correo electrónico: femgarcia@ufps.edu.co

<sup>2</sup>Magister en controles industriales, Grupo de Investigación en Automatización y Control - GIAC, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta - Colombia. Correo electrónico: josearmandobv@ufps.edu.co

<sup>3</sup>Ingeniero Electrónico, Grupo de Investigación en Automatización y Control - GIAC, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta - Colombia. Correo electrónico: yulielectronica@hotmail.com

## Introducción

La limitación de sistemas didácticos económicos a la comunidad científica y académica, presenta un reto a solucionar en todas las disciplinas con apoyo de herramientas electrónicas y mecánicas al alcance de dicha comunidad. 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 práctica, 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 proyectos a nivel de ingeniería [1].

Un péndulo simple es un sistema físico que exhibe un movimiento mecánico. Este consiste en una masa adherida a una barra de longitud fija y suspendida en un punto de equilibrio. El movimiento ocurre en el plano vertical comandado por la fuerza gravitacional [2]. Los péndulos son conocidos como buenos resonadores y adecuados para el estudio de periodos largos de estabilidad [3], punto importante para el área del control.

Dentro de esa área de control, su filosofía parte de una estructura de control realimentado que tiene como objetivo lograr ciertas propiedades deseables. La viabilidad del control en campos donde hay cambios en los parámetros de sistemas y la presencia de perturbaciones, tal es el caso de péndulos, hace que sea un reto, de forma que se proporcione un controlador robusto para sistemas dinámicos con acciones de control que lleve al sistema a operar en regiones estables, [4][5][6].

Desde el punto de vista pedagógico y a diferentes tecnologías, se han desarrollado en los últimos años, tal es el caso de [7],

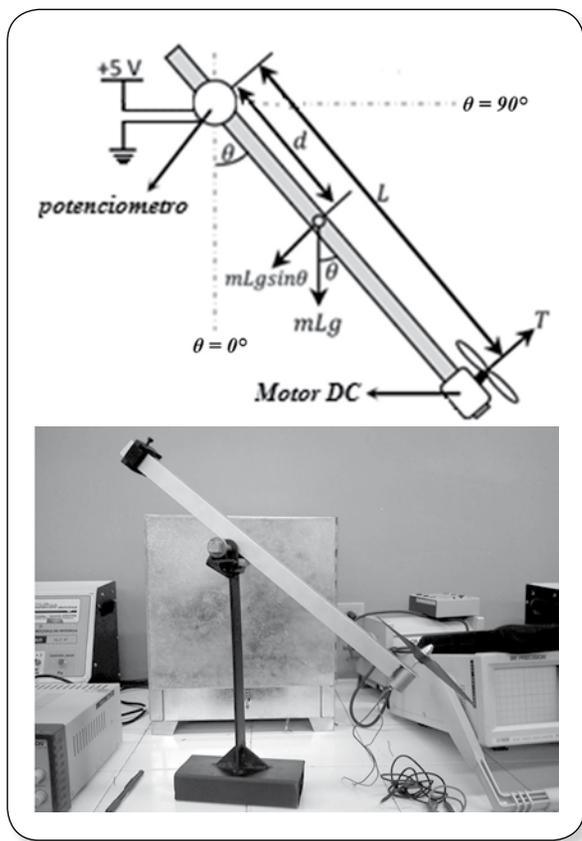
donde a partir de un microcontrolador PICF684 implementaron un controlador PID para estabilizar un sistema inherentemente inestable, dicho sistema fue un péndulo invertido controlado en una plataforma de 360° libres rotacional. Experiencias para este tipo de proyectos, por ejemplo [8,13], dichos autores desarrollaron un sistema de balanceamiento de la base de un péndulo en el eje horizontal a través de un controlador PD, sin embargo, el éxito de dicha técnica dependió de algunas limitaciones relacionadas a vibraciones, torques y rozamientos especialmente en su sistema de desplazamiento, pero de cualquier forma su estructura de control presentó robustez.

Este trabajo está desarrollado de la siguiente manera: primeramente es propuesto un modelo matemático del péndulo suspendido donde se obtuvo la función de transferencia teóricamente. Después desde el punto de vista experimental, se prosigue con la identificación del modelo experimental a partir de mediciones de entrada/salida. Por último fue propuesto e implementado una estructura de control en matlab / simulink tiempo real al módulo didáctico de péndulo suspendido para respectivas investigaciones.

### Modelamiento e identificación del sistema péndulo suspendido

El diagrama esquemático e imagen del módulo didáctico péndulo suspendido puede ser observado en la Figura 1. Es claro que el orden del análisis y control del sistema físico, depende necesariamente de conocer el modelo (función de transferencia) de este mismo. En este sistema péndulo, su actuador es un motor corriente directa (DC) con una hélice en un extremo del péndulo, de forma que proporcione una fuerza empuje correctiva  $T(s)$ , para que el ángulo  $\theta(s)$  que está entre el brazo oscilante y el eje vertical sea la variable deseada (*setpoint*) a contralazar.

Figura 1. Módulo didáctico péndulo suspendido



Desde la figura 1 se puede escribir la ecuación (1) que representa la función de transferencia en términos de Laplace ángulo del péndulo suspendido con respecto a la fuerza empuje correctiva, dicha función esta basada en el aporte de [4] la cual presentaron un modelo no lineal, para luego ser aproximado a una función lineal como estrategia de simplificación en control lineal.

$$\frac{\theta(s)}{T(s)} = \frac{1}{Js^2 + cs + m_L g d} \quad (1)$$

Donde:

- T(s) = Fuerza de empuje producida por el motor DC.
- L = Longitud brazo péndulo
- m = Masa del péndulo
- m<sub>L</sub> = Masa del brazo del péndulo
- d = La distancia desde el punto de suspensión a centro de masas.
- J = Momento de inercia.
- g = Gravedad
- c = Coeficiente de amortiguamiento.

La relación entre el voltaje V(s) aplicado al motor DC con respecto a la fuerza de empuje T(s) puede relacionarse a través de la siguiente ecuación:

$$T(s) = K_m \cdot V(s) \quad (2)$$

Donde la constante K<sub>m</sub> puede ser definida como la ganancia que se necesita para obtener el mínimo ángulo en situación estable θ<sub>ss</sub> con respecto a un voltaje V aplicado,

$$K_m = \frac{m_L g d \sin \theta_{ss}}{V} \quad (3)$$

A partir de las ecuaciones (1) y (2), podemos reestructurar la función de transferencia del sistema péndulo suspendido en termino θ(s)/V(s) como se presenta en la ecuación (4)

$$\frac{\theta(s)}{V(s)} = \frac{K_m / J}{s^2 + \frac{c}{J}s + \frac{m_L g d}{J}} \quad (4)$$

A partir de las técnicas para el cálculo de los parámetros dinámicos de este tipo de sistemas de control [8,9], fue calculado para dicho sistema una frecuencia natural ω<sub>n</sub> = 1.047 rad/s y un factor de amortiguamiento de ζ = 0.8. La ecuación característica relacionada a la función de transferencia de la ecuación (4) fue igualada a un polinomio característico de segundo orden, de la siguiente forma.

$$s^2 + \frac{c}{J}s + \frac{m_L g d}{J} = s^2 + 2\zeta \omega_n s + \omega_n^2 \quad (5)$$

Si los parámetros físicos son sustituidos en la igualdad, ecuación (5),

tales como

$$m_L = 0.36 \text{ Kg}, \quad d = 0.08 \text{ m}, \quad g = 9.8 \text{ m/s}^2,$$

puede obtenerse el momento de inercia

$$J = 0.257 \text{ Kgm}^2$$

y coeficiente de amortiguamiento

$$c = 0.43 \text{ Nms/rad}.$$

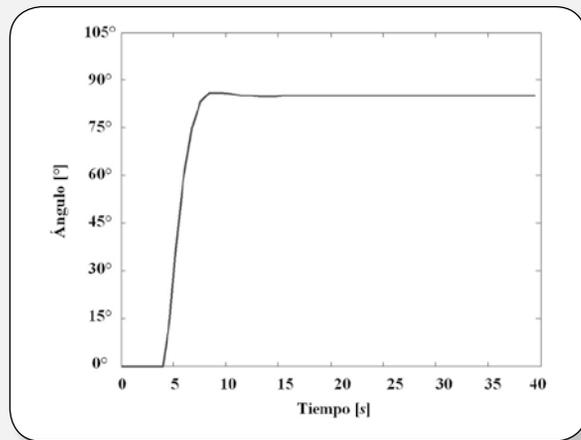
Desarrollo de un módulo didáctico para control angular de un péndulo suspendido

Considerando que el  $\sin \theta_{ss} \approx \theta_s$  debido al hecho de que el voltaje de alimentación y el ángulo deseado se conocen, entonces la constante  $K_m = 0.16$  de la ecuación (4). Finalmente la función de transferencia  $\theta(s)/V(s)$  del péndulo suspendido es presentado en la siguiente ecuación.

$$\frac{\theta(s)}{V(s)} = \frac{K_m / J}{s^2 + \frac{c}{J}s + \frac{m_L g d}{J}} = \frac{0.6226}{s^2 + 1.673s + 1.098} \quad (6)$$

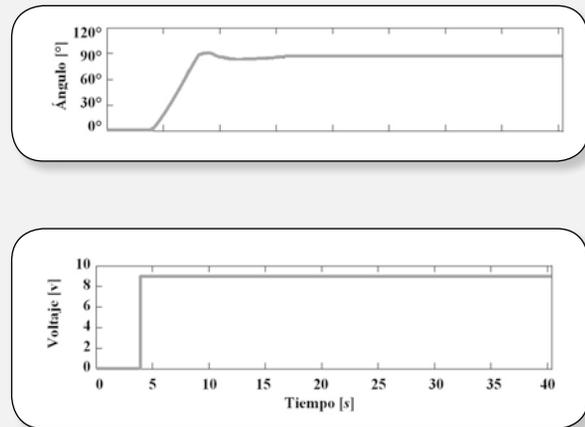
La respuesta del modelo teórico simulado en matlab se observa en la figura 2.

Figura 2. Respuesta del modelo teórico simulado ante una entrada escalón voltaje en el motor DC aplicada a partir de los 4 s.



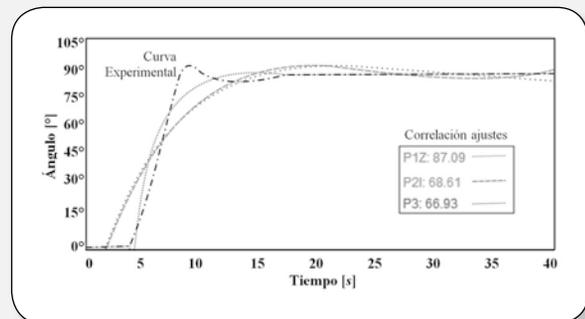
A partir de las características estáticas experimental, de forma práctica y para confirmar el modelo teórico anteriormente obtenido, se identificó el modelo experimental apoyándose en las mediciones de entrada/salida realizadas al módulo didáctico del péndulo suspendido. En la figura 3, se muestra el comportamiento real del sistema cuando se le aplica al motor DC una entrada escalón en el voltaje alimentación. Dicho comportamiento es representado en una señal de voltaje de retroalimentación entre los 0 hasta 0.6 Vdc que proporciona el potenciómetro correspondiente al comportamiento lineal entre los 0° hasta 90° del ángulo entre el brazo oscilante y el eje vertical del péndulo suspendido, como puede ser verificado en la figura 1.

Figura 3. Respuesta del sistema experimental ante una entrada escalón voltaje en el motor DC



Por medio de la herramienta *ident* de MATLAB las mediciones de las variables permitieron hacer la respectiva regresión de forma que se determine la función de transferencia que más se ajuste al comportamiento de dicha planta. En la figura 4 pueden apreciarse los diferentes tipos de modelos que se estimaron para analizar con la herramienta *ident*.

Figura 4. Estimación e correlación de los posibles modelos experimentales a través del *ident*



El modelo experimental más adecuado obtenido a través del *ident*, presentó una correlación del 87.09% de veracidad. Dicha función de transferencia  $\theta(s)/V(s)$  del péndulo suspendido es presentado en la siguiente ecuación.

$$\frac{\theta(s)}{V(s)} = \frac{0.0647}{s^2 + 0.5s + 0.097} \quad (7)$$

### Diseño y sintonización del sistema de control

El sistema péndulo suspendido de la figura 1. fue instrumentado, las variables que están presentes en el sistema son capturadas por un sistema de adquisición de datos a 0,01 [s] de muestreo por un microcontrolador *atmega atmel 328* en comunicación serial con la plataforma *MATLAB/Simulink*, para procesar y monitorear las señales de voltajes que representan las respectivas variables del módulo didáctico. El sistema de adquisición es *open-hardware*, por lo cual su aplicabilidad es abierta. Es decir, puede utilizarse libremente para el desarrollo de cualquier tipo de proyecto, como observamos en la figura 5.

El 95% de los procesos industriales el controlador PID es muy utilizado porque su sintonización es ajustada en campo. Las reglas de sintonía propuesta en la literatura como Ziegler-Nichols pueden permitir ajustes finos en la práctica, [9]. El controlador PID puede ser representado por la siguiente ecuación:

$$G_c(s) = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad (8)$$

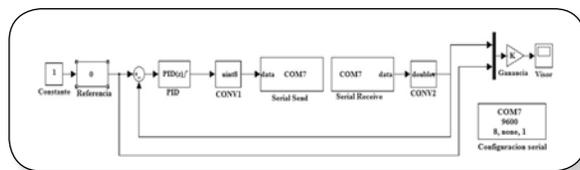
Donde  $K_p$  es la ganancia proporcional,  $T_i$  es el tiempo integral y  $T_d$  es el tiempo derivativo.

Por otro lado, como un controlador PID es de fácil aplicación, es posible presentarse algunas limitaciones relacionadas con problemas de sintonía o cambios en el sistema a ser controlado, pero que al final son resueltos por la experiencia del proyectista. Para determinar los parámetros de un controlador que garantice las especificaciones de desempeño, fue aplicado el método de Ziegler e Nichols, sintonizándose un PI (ajuste de los valores  $K_p$  y  $T_i$ ) basadas en la respuesta que genera el modelo experimental anteriormente conocido cuando se le aplica una señal escalón unitario, simulando un cambio al voltaje en el motor DC del sistema físico.

Como forma de optimizar la respuesta del controlador PI, fue finamente sintonizados las constantes  $K_p$  y  $T_i$  atendiendo el criterio de minimización de índices de desempeño conocido como el integral del valor absoluto del error ponderado en el tiempo (ITAE), [11,12]. De forma que nuestro controlador fue finalmente establecido y optimizado representando en la siguiente ecuación de transferencia:

$$G_c(s) = 111.27 \left( 1 + \frac{1}{73.55s} \right) \quad (9)$$

Figura 5. Lazo de control del sistema péndulo suspendido con un controlador PI desarrollado en Matlab/Simulink.



## Resultados experimentales

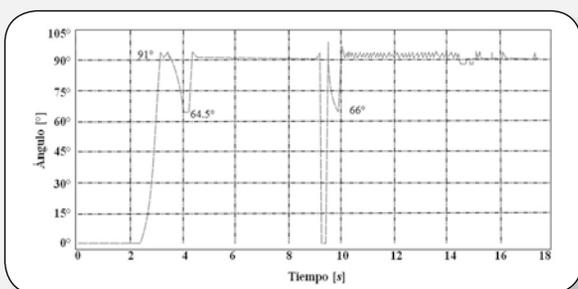
A continuación se presentan algunos resultados de pruebas experimentales utilizando el módulo didáctico péndulo suspendido. Estos resultados satisfacen con las simulaciones obtenidas a través del matlab utilizando el modelo teórico y el modelo experimental.

Para la figura 6 se puede observar la evidencia en la capacidad del controlador en regular el ángulo consigna preestablecido como *setpoint*. Para esta prueba se hicieron cambios aleatorios en el setpoint, de forma que se observó el efecto del controlador en el sistema para mantener lo más posible el ángulo real al setpoint. En el momento en que se activa el controlador a los 2.3 s, se establece un cambio positivo a 90° en el setpoint, inmediatamente el controlador PI reacciona y lleva el sistema a alcanzar dicha referencia a los 3.2 s con un tiempo pico de 0.85 s, con un comportamiento transitorio oscilatorio entre los 90° y 64.5°,

pero a los 4.4 s controla por completo los 90° requeridos; el sistema presenta un tiempo de acomodación de 2.2 s.

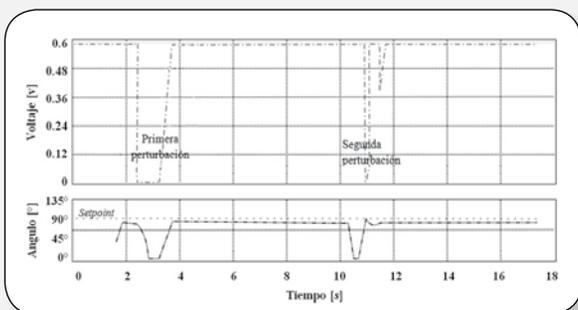
A los 9.4 s se le da un cambio negativo y positivo al setpoint referenciándolo a 0° e inmediatamente a 90°, se observa en la misma figura 6, como el controlador lleva el sistema en 2.4 s a estabilizarse finalmente en los 90°.

**Figura 6.** Comportamiento de la planta bajo la acción del controlador PI a diferentes cambios en el ángulo deseado (setpoint)



Para la figura 7, se puede observar el comportamiento del sistema bajo la influencia del controlador PI, manteniendo siempre la consigna de 90° pero ante perturbaciones inducidas en el brazo del sistema péndulo. La respuesta del sistema de control en malla cerrada es satisfactoria, la perturbación es un impulso (golpe) con dirección vertical negativa del brazo, generando que el potenciómetro de una medida del ángulo muy por debajo al preestablecido en el setpoint (90°). Esta perturbación ocasiona que el controlador actúe de forma que cree una respuesta transitorio no mayor a 4 s para estabilizar el sistema.

**Figura 7.** Comportamiento de la planta bajo la acción del controlador PI manteniendo su consigna de 90° deseado (setpoint) ante la presencia de perturbaciones impuestas en el brazo del péndulo.



## Conclusiones

Para este proyecto la estructura de control del sistema péndulo suspendido presentó resultados satisfactorios en un margen de controlabilidad para ángulos entre 0° y 90° usando el modelo experimental obtenido a través de la herramienta *ident* de matlab.

Diferentes técnicas de control como por ejemplo lógica fuzzy, redes neurales, algoritmos genéticos podrán ser usadas apoyadas bajo sistema de adquisición de datos gerenciados por microcontroladores en comunicación serial con cualquier plataforma a nivel de software.

Las herramientas trabajadas en este proyecto permiten a los estudiantes familiarizarse con todas las etapas del desarrollo de un sistema de control: definición de estudio, modelamiento, sintonización, implementación y comprobación experimental.

Las limitaciones prácticas como máxima tensión aplicada al motor; la sensibilidad y resolución en la lectura del potenciómetro para medir el ángulo real influyeron en los resultados prácticos. Un error en régimen permanente de 5° que puede ser comprendido como un margen de error tolerable ante la complejidad del manejo y medición de los ángulos.

## 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] R. A. SERWAY, "Physics: For scientist and engineers with modern physics", Saunders, pp. (468-475, 264-265), Philadelphia, 1990.

[3] KASRUDDIN, A. N., "Modeling and Controller Design for an Inverted Pendulum System", Master's Thesis, Faculty of Electrical Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, April 2007.

[4] HAKAN K., SAADETTIN A., AYDMM. "Sliding mode control of suspended pendulum", Department of electrical and electronics engineering, Sakarya university, Turkey, 2010.

[5] C. EDWARDS, E. F. COLET, L. FRIDMAN, "Advances in variable structure and sliding mode control", 334, Thoma M., Morari M., Springer, pp. 90-120, Berlin, 2006.

[6] KIZIR S., BINGUL Z., OYSU C. "Fuzzy control of a real time inverted pendulum system". Journal of Intelligent & Fuzzy Systems: Applications in Engineering and Technology, Volume 21 Issue 1, 2 April 2010.

[7] CHARAIS J., LOURENS R, "Software PID Control of an Inverted Pendulum Using the PIC16F684" Microchip Technology Inc. 2004.

[8] HASAN M., SAHA C., RAHMAN M., SARKER R. and ADITYA S. "Balancing of an Inverted Pendulum Using PD Controller". Dhaka Univ. J. Sci. 60(1): 115-120, 2012 (January).

[9] OGATA, K, "Ingeniería de Control Moderno". Person Education. 5° Edición. 2011.

[10] AGUIRRE, L. A. Introdução à Identificação de Sistemas – Técnicas Lineares e Não-lineares Aplicadas a Sistemas Reais. 3 ed. Belo Horizonte, editora UFMG, 2007.

[11] ASTROM, KARL J.; HAGGLUND T. *PID controllers: theory, design, and tuning*. Second edition. Instrument Society of America. 1995.

[12] ASHAB MIRZA, and CAPT. DR. SARFRAZ HUSSAIN, "Robust Controller

for Nonlinear & Unstable System: Inverted Pendulum", AMSE Journal of Control & Design Simulation, pp 49-60, Vol. 55, No 3, 4. 2000.

[13] CHATTERJEE D., PATRA A., AND JOGLEKAR H. K., "Swing-up and stabilization of a cart-pendulum system under restricted cart track length," *Syst. Control. Lett.*, vol. 47, no. 11, pp. 355–364, 2002.

# Evaluación del impacto acústico producido por equipos utilizados en minería subterránea de carbón

Yesid Castro Duque<sup>1</sup> | Richard Monroy Sepulveda<sup>2</sup>

## Resumen

Recibido:  
Julio 10 de 2012

Aceptado:  
Noviembre 18 de 2012

*El ruido generado por los equipos utilizados en operaciones y servicios mineros, es uno de los impactos que mayor número de incapacidades produce en los trabajadores que laboran en atmósferas subterráneas. Este estudio de evaluación del impacto ambiental producido por el ruido, se efectuó en varios frentes del sector denominado Inclinado 7, de la mina de carbón San José ubicada en el cerro Tasajero, Municipio de Cúcuta; allí, se realizó la medición del nivel sonoro continuo equivalente Leq del ruido ocupacional producido por equipos como: Ventiladores, electrobombas, martillos picadores (neumáticos) y perforadoras eléctricas. Se valoró la atenuación de este impacto, variando la distancia cada 5m. hasta llegar a 45m de la fuente. Con los resultados obtenidos se proponen medidas de gestión ambiental para el control del ruido y medidas preventivas y correctivas para mejorar el confort y la calidad ambiental bajo tierra.*

**Palabras Clave:** Ruido, impacto acústico, gestión ambiental, confort, calidad ambiental subterránea.

## Abstract

*The noise generated by the equipment used in mining operations and services, is one of the highest number of impacts that disability occurs in workers who work in underground atmospheres. This study evaluating the environmental impact caused by noise, was made on several fronts in the area called Inclinado7, of San Jose coal mine located in the hill Tasajero, City of Cucuta, there was the continuous sound level measurement Leq equivalent occupational noise produced by equipment such as fans, pumps, hammers (tires) and electric drills. Attenuation was assessed this impact by varying the distance each 5m. up to 45m from the source. With the results obtained are proposed environmental management measures for noise control and preventive and corrective measures to improve comfort and environmental quality underground.*

**Keywords:** Noise, noise impact, environmental management, comfort, environmental quality, Underground mine.

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Tecnología Cerámica GITEC- Docente de planta Universidad Francisco de Paula Santander. Correo electrónico: yesidcaduque@gmail.com

<sup>2</sup> Universidad libre de Colombia Seccional Cúcuta. Docente investigador. Correo electrónico: richard.monroy@unilibrecucuta.edu.co

## Introducción

Las operaciones mineras subterráneas, además de generar impactos en la naturaleza externa, crean problemas ambientales bajo tierra; estos se deben a las diferentes etapas y necesidades en la explotación de minerales (Navarro, 2003). El ruido en los frentes de explotación subterránea es uno de los tradicionales problemas ocupacionales, que son encarados desde un punto de vista de seguridad e higiene minera. (Navarro, Da Gamma 2002).

**El ruido en el ambiente subterráneo.** En la industria minera se generan altos niveles de ruido. El ruido puede causar daño temporal o permanente al sistema auditivo de los trabajadores. En comparación con el ruido generado en otras industrias (aeroportuaria, cementera, forestal y otras), los niveles de ruido generados en minería solo se pueden equiparar con los generados por los motores de los Jets en los aeropuertos. (Sensogut y Cinar 2007).

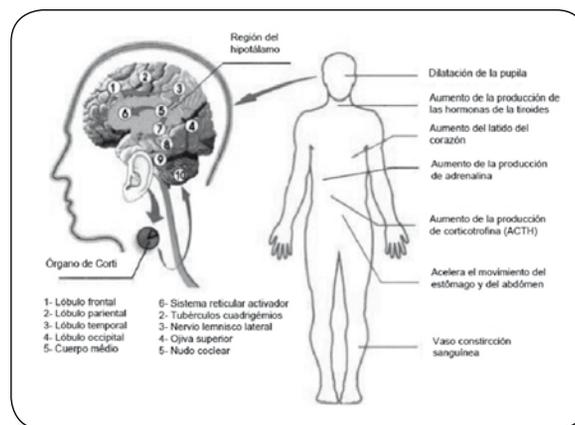
A mayor grado de mecanización en las minas, mas altos son los niveles de ruido. El ruido se produce durante las diferentes operaciones: perforación y voladura, arranque, cargue y transporte. (Sensogut and Cinar 2007).

**Efectos del ruido.** El impacto sonoro es una contaminación ambiental a través de la energía mecánica o acústica, que tiene reflejos en todo el organismo y no solo en el aparato auditivo. (Navarro, 2002). Los trabajadores expuestos al ruido pueden sufrir complicaciones nerviosas, falta de sueño y fatiga. La *Mine Safety and Health Administration* MSHA, tiene estadísticas entre los años 2000 y 2005 que muestran que los operadores de máquinas y equipos mineros están expuestos a dosis de ruido que superan el 100%.

La pérdida de audición es considerada una enfermedad incapacitante, que afectó al 11% de los trabajadores de Estados Unidos

(U.S.Department of Labor, 2006; Kovalchik et al. 2008). En la figura 1, se ilustra los efectos provocados por las ondas sonoras en el organismo humano, estas al penetrar el oído, se distribuyen en los lóbulos cerebrales hasta llegar al sistema nervioso central; después, siguen a lo largo de la médula y se distribuyen para los órganos manifestándose los efectos nocivos de varias formas, que afectan las descargas hormonales, la perdida de la audición principalmente cuando la intensidad es elevada (Navarro, 2002).

**Figura 1.** Distribución de las ondas sonoras a través de los lóbulos cerebrales hasta ser conducidas al sistema nervioso central (Fuente. Navarro Torres V. F., XXVI Convención minera del Perú, Arequipa setiembre 2002)



El riesgo de sordera permanente varía de acuerdo con la intensidad y la duración de la exposición como fue demostrado por el estudio realizado por la *International Standard Organization* ISO 1999 (Tabla 1).

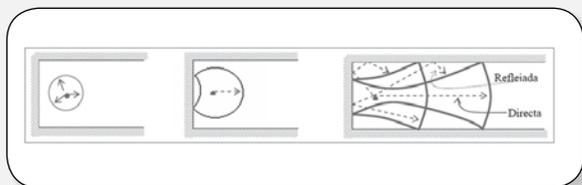
**Tabla 1 –** Riesgo de pérdida de la audición de personas expuestas al ruido (continuo) durante 8 horas de trabajo, en % (Fuente. ISO 1999)

| L <sub>Aeq,8h</sub><br>(dB) | Tiempo de exposición al ruido (años) |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------------|--------------------------------------|----|----|----|----|----|----|
|                             | 2                                    | 5  | 10 | 20 | 30 | 40 | 45 |
| *Normal                     | 1                                    | 2  | 3  | 7  | 14 | 32 | 50 |
| 85                          | 1                                    | 3  | 6  | 13 | 22 | 42 | 57 |
| 90                          | 3                                    | 7  | 12 | 23 | 32 | 54 | 65 |
| 95                          | 4                                    | 10 | 20 | 35 | 45 | 61 | 72 |
| 100                         | 5                                    | 14 | 31 | 49 | 58 | 74 | 82 |
| 105                         | 8                                    | 20 | 45 | 65 | 77 | 87 | 91 |
| 110                         | 10                                   | 28 | 58 | 85 | 91 | 95 | 95 |

**Particularidades del ruido subterráneo.**

En las obras subterráneas la propagación de las ondas del ruido se dividen en dos componentes: Ondas directas y ondas reflejadas (Figura. 2). En este proceso parte de las ondas son absorbidas por la superficie de las excavaciones (roca o revestimiento o soporte).

**Figura 2** – Fases de transmisión del sonido en el ambiente subterráneo, Fuente. Navarro Torres V. F. Evaluación del Impacto Ambiental acústico en el Ambiente subterráneo de la mina Panasqueira. XXVI Convención minera del Perú, Arequipa setiembre 2002 ).



El nivel de presión sonora para *perforadoras neumáticas*  $L_m$  (dB) puede ser calculado mediante la ecuación (1) en función del consumo de aire comprimido  $Q$  ( $m^3/s$ ). (Navarro, 2003)

$$L_m = 140 + 10 \log Q \quad (1)$$

Para *ventiladores principales* o nivel de presión sonora  $L_v$  (dB) es determinado en función de la potencia del motor  $P_{mv}$  (KW), de la presión estática  $H_v$  (Kpa) e del caudal de aire  $Q_v$  ( $m^3/s$ ) utilizando cualesquiera de las ecuaciones (2), (3) o (4). (Navarro Torres V. F., 2002)

$$L_v = 97 + 10 \log P_{mv} + 10 \log H_v \quad (2)$$

$$L_v = 100 + 10 \log Q_v + 20 \log H_v \quad (3)$$

$$L_v = 95 + 20 \log P_{mv} + 10 \log Q_v \quad (4)$$

**Estándares de ruido.** Los estándares existentes evalúan el ruido utilizando varios índices o niveles como son: nivel de presión sonora, nivel percentil, nivel sonoro continuo equivalente, nivel de exposición sonora, nivel pico o máximo, etc. los que

son determinados considerando el tiempo de exposición e intensidad sonora, de los cuales el más utilizado es el *nivel sonoro continuo equivalente* (ecuación 5), que es expresado por la ecuación indicada en seguida, en función de: Presión sonora instantánea  $PA(t)$  (Pa), del intervalo de tiempo  $T = (t_2 - t_1)/\Delta t$  de la duración (s), de la presión de referencia  $P_0 = (2 \times 10^{-5} \text{ Pa o } 20 \mu \text{ Pa})$  y del nivel de presión sonora ponderada  $A$  para la muestra  $i$   $L_{pAi}$  (dB). (Navarro, 2003)

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt = 10 \log \left[ \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T 10^{0.1 L_{pAi}} \right] \quad (5)$$

Los estándares del ruido ocupacional adoptados a nivel de varios países del mundo son algo similares. (Tabla 2).

**Tabla 2** – Estándares de ruido ocupacional para exposición de 8 horas por día (Fuente. Navarro Torres V. F. Evaluación del Impacto Ambiental acústico en el Ambiente subterráneo de la mina Panasqueira. XXVI Convención minera del Perú, Arequipa setiembre 2002 )

| Pais      | Fuente   | $L_{eq}$ máximo dB (A) | Pico dB (A) |
|-----------|--|------------------------|-------------|
| Australia | Australia National Occupational Health and Safety Commission             | 85                     | 140         |
| Canadá    | Canadian Centre for Occupational Health and Safety                       | 85 a 90                | 135 a 140   |
| India     | Rules of the Factories Act   | 90                     | 140         |
| Singapur  | Department of Industrial Health  | 85                     |             |
| Tailandia | Ministry of Interior   | 90                     |             |
| U. K.     | Noise at Work Regulations  | 90                     | 140         |
| E.U.A.    | Occupational Safety and Health Administration, U.S. Department of Labour | 90                     | 140         |
| U. E.     | European Union Occupational Safety an health                             | 85                     | 140         |

Para Colombia el decreto 1335 de 1987 Reglamento de Seguridad en las Labores Subterráneas, trata en el Título X Capítulo II, lo referente al ruido en los artículos 177 y 178. Se contempla una intensidad sonora máxima de 85 dB para 8 horas de exposición.

## Materiales y métodos

Para la realización de este estudio se desarrollaron dos etapas Básicas: La de campo y la de oficina. La primera se efectuó en el Inclinado 7 de la Mina San José, que se encuentra ubicada en el cerro Tasajero, al Norte del perímetro urbano de la ciudad de San José de Cúcuta, y cuyo titular es

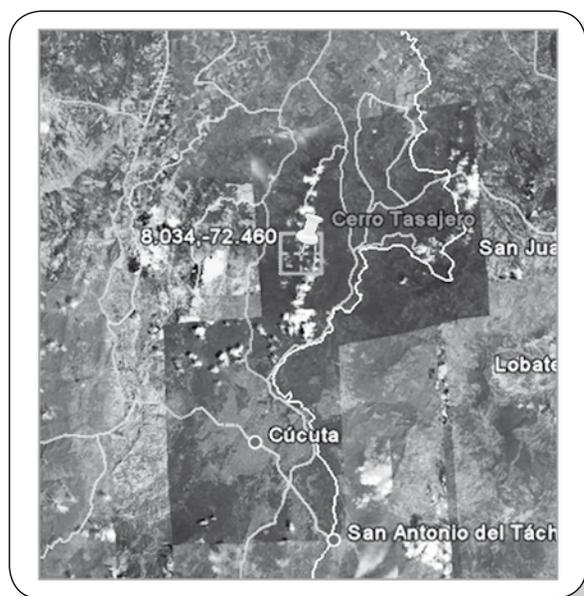
el Consorcio Minero de Cúcuta. Tabla 3 y Figura 3. En la segunda etapa con la ayuda del Excel, se realizó modelación y simulación de la atenuación del ruido.

**Tabla 3.** Coordenadas y características Topográficas del Inclinado 7 Mina San José

| Inclinado | Coordenadas |           | Altura  | Longitud | Dirección |
|-----------|-------------|-----------|---------|----------|-----------|
|           | x           | y         | m.s.n.m | (m)      |           |
| 7         | 1376994,66  | 848015,01 | 742,08  | 320      | N 64° W   |

En la fase de campo se efectuó la caracterización del ruido generado por equipos como: Ventiladores auxiliares con potencias que varían entre 3 y 5HP, electrobombas de 30 HP de Potencia y martillos. Para la medición del impacto sonoro acústico se utilizó el Medidor digital de nivel de sonido EXTECH modelo 407730; se seleccionó la ponderación de frecuencia C, porque esta da una respuesta plana, adecuada para análisis de nivel de sonido de máquinas, motores, etc. De igual forma, se seleccionó el modo LENTO (*slow*) utilizada para vigilar una fuente de ruido que tenga un nivel de sonido razonablemente constante o para promediar niveles rápidamente cambiantes.

**Figura 3.** Localización de la Mina San José.



Fuente: adaptación base Google Earth

## Resultados y discusiones

**Nivel de presión Sonora.** Para ventiladores el nivel de presión sonora  $L_v$  (dB) es determinado en función de la potencia del motor  $P_{mv}$  (KW) y de la presión estática  $H_v$  (Kpa) utilizando la ecuación (2), descrita anteriormente:

$$L_v = 97 + 10\log P_{mv} + 10\log H_v \text{ (dB)}$$

En el Sector del Inclinado 7 de la mina San José, se utilizan ventiladores axiales marca Exdl No.4, con motores que generan potencias de 3 HP y con caídas de presión  $H_v$  de 12 Pulg. De  $H_2O$ , equivalente a 2.99 KPa; entonces tenemos:

$$L_v = 97 + 10\log 2.24 + 10\log 2.99$$

$$L_v = 102.11 \text{ dB}$$

El anterior nivel, está en el rango de las mediciones realizadas en la fuente.

### Nivel sonoro continuo equivalente $Leq$

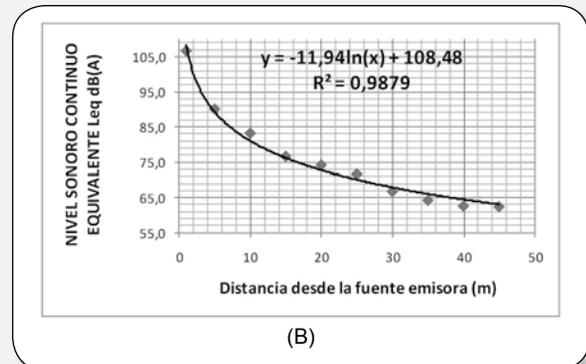
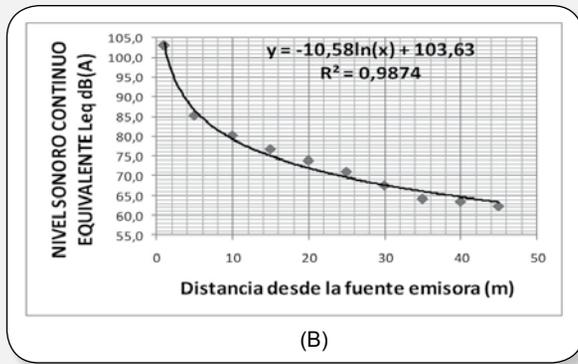
A manera de ejemplo, en la Figura 4 se muestra la caracterización del ruido producido por ventiladores de 3,5 HP de potencia; de igual forma, se muestra la atenuación del ruido en una de las vías de la Mina. El cálculo de  $Leq$ , se realizó a partir de 150 registros (2 ½ min).

**Figura 4.** (A) Caracterización de ruido a 1m. de la fuente. Ventilador Auxiliar de 3.5 HP Nivel 1Sur Tambor 16. (B). Atenuación del Ruido en el Nivel 1 Sur tambor 16, producido por el ventilador auxiliar de 3.5 HP.



(A)

Evaluación del impacto acústico producido por equipos utilizados en minería subterránea de carbón



De acuerdo a la simulación, la tendencia del ruido en función de la distancia con fuente fija para el ventilador de 3,5 HP de potencia, resulta expresada por la siguiente ecuación (modelo), utilizada según sea la propagación de las ondas en sentido recto o en sentido lateral:

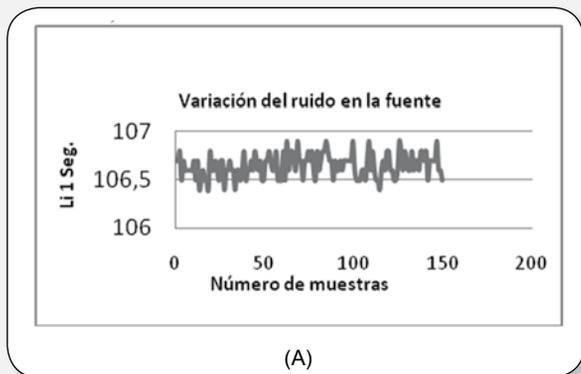
$$L_{Aeq} = 103,63 - 10,58 * (\ln \text{ Distancia})$$

$$Leq_D = Leq_{M\acute{a}x} - 10,58 \ln D$$

Donde  $Leq_D$  es el nivel sonoro continuo equivalente  $Leq$  dB(A) a la distancia  $D$  (m), y  $Leq_{m\acute{a}x}$ , es el ruido expresado en nivel sonoro continuo equivalente  $Leq$  dB(A) caracterizado en la fuente.

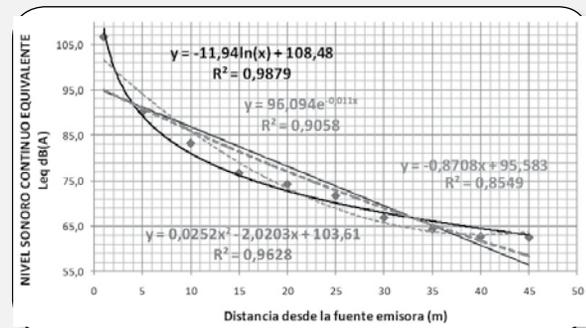
Para ventiladores de 5HP, los comportamientos de la variación del ruido en la fuente y la atenuación del nivel sonoro continuo equivalente  $Leq$ , variando la distancia desde la fuente, son similares a los medidos en los ventiladores de 3.5 HP. Figura 5.

Figura 5. (A).Caracterización de ruido en la fuente. Ventilador Auxiliar de 5.0 HP. Nivel 2 Norte Tambor 4. (B) Atenuación del Ruido  $Leq$  en el Nivel 2 Norte Tambor 4., producido por el ventilador auxiliar de 5.0 HP.



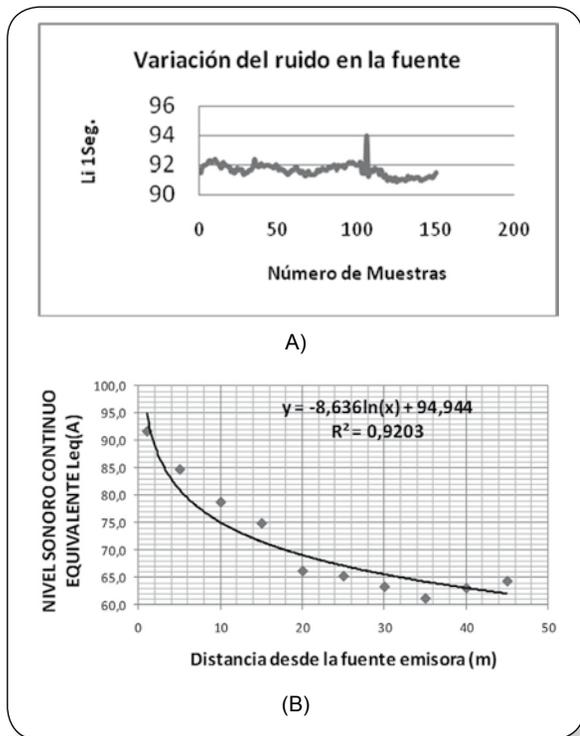
Con los resultados de la evaluación de la intensidad del ruido para ventiladores de 5.0 HP de potencia y realizando un comparativo con los diferentes modelos de ajuste; se nota que el modelo logarítmico, es el que da mejores resultados. Figura 6. La correlación es decreciente con un coeficiente de determinación  $R^2$  igual 0.9879, un ajuste casi perfecto. Lo anterior significa que el 98.8% de la variabilidad del nivel sonoro continuo (atenuación del ruido), puede atribuirse a una relación con la distancia desde la fuente emisora.

Figura 6. Comparación de los distintos modelos de ajuste.



En el caso de la electrobomba a pesar de tener una potencia alta comparada con los ventiladores auxiliares, el nivel de ruido continuo equivalente es menor; sin embargo, el comportamiento es similar (decreciente) en cuanto a la atenuación del ruido, y para cumplir la norma (85dB), la distancia desde la fuente a la que pueden permanecer operarios está cercana a los 10 m. (Figura 7)

**Figura 7.** (A). Caracterización de ruido en la fuente. Electrobomba 30 HP Frente del inclinado 7. (B) Atenuación del Ruido Leq. en el frente del inclinado 7 producido por la electrobomba de 30 HP



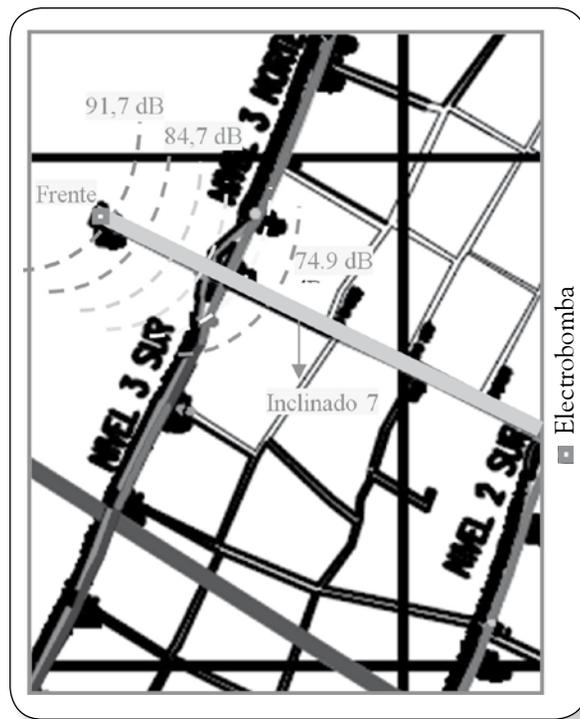
De acuerdo a la Figura 7(A), se presenta un pico en la muestra 100, este se debe a que hay reflexión de la onda que no pudo ser absorbida totalmente por la roca, ni por los elementos del sostenimiento de la vía. En la Grafica de la Figura 7 (B), la línea de tendencia como en todas las observaciones, es decreciente y el coeficiente de determinación  $R^2$ , se acerca a 1, siendo un ajuste casi perfecto.

En el Inclinado 7 (Figura 8), la propagación de las ondas sonoras generadas por la electrobomba, generan las dos componentes (directas y reflejadas), esto se evidenció en las mediciones hechas a una distancia que oscila, entre los 40 y 45 m. desde la fuente. (Figura 7 (B))

La caracterización de la atenuación del ruido, variando la distancia de medición desde la fuente, para el caso del sector evaluado en la mina, muestra que el cumplimiento de la norma (Decreto 1335 de 1987, Reglamento de Seguridad en las Labores Subterráneas,

Título X Capítulo II, artículos 177 y 178). se da a partir de los 10 m. de distancia, Tabla 4. También, se pueden observar, que en mediciones hechas a los 35 y 40 m. desde la fuente, para el ventilador de 3,5HP, hay reflexión de las ondas sonoras; el anterior fenómeno igualmente se presentó en el inclinado 7, de acuerdo a las mediciones realizadas a partir de los 40 m. desde la fuente (electrobomba).

**Figura 8.** Sentido de propagación de las ondas de ruido Producido por la Electrobomba en el frente del Inclinado 7



**Tabla 4 – Atenuación del ruido de los equipos utilizados en el Inclinado 7**

| EQUIPO    | Ventilador 3HP | Ventilador 3,5HP | Ventilador 5HP | Electro bomba 30 HP |
|-----------|----------------|------------------|----------------|---------------------|
| Distancia | Leq            | Leq              | Leq            | Leq                 |
| m.        | dB             | dB               | dB             | dB                  |
| 1         | 98,3           | 95,8             | 106,7          | 91,7                |
| 5         | 87,7           | 82,9             | 90,1           | 84,7                |
| 10        | 81,9           | 77,8             | 83,2           | 78,8                |
| 15        | 78,8           | 74,0             | 76,7           | 74,9                |
| 20        | 74,3           | 62,3             | 74,2           | 66,2                |
| 25        | 71,1           | 60,1             | 71,7           | 65,3                |
| 30        | 70,2           | 55,3             | 66,9           | 63,4                |
| 35        | 68,3           | 60,8             | 64,3           | 61,2                |
| 40        | 67,1           | 57,7             | 62,7           | 63,1                |
| 45        | 62,8           | 59,0             | 62,5           | 64,4                |

Evaluación del impacto acústico producido por equipos utilizados en minería subterránea de carbón

Una vez realizadas las mediciones de ruido producido por los equipos utilizados en minería subterránea (Mina San José); teniendo en cuenta la norma, se elaboran matrices para analizar cualitativamente el impacto acústico. Tabla 5. Con este tipo de matrices, se diseñan mapas de riesgo que deben ser incluidos dentro del Sistema de Gestión Ambiental SGA de cualquier empresa. El SGA que debe realizarse en una mina subterránea, debe ser responsabilidad del gerente de la corporación con compromiso de todos los trabajadores; para el éxito del sistema de gestión, deben evaluarse los diferentes impactos como el acústico, el térmico, el dinámico y el volumétrico, que se generan en ambientes subterráneos.

Tabla 5. Matriz del riesgo generado por Impacto Acústico de acuerdo a la atenuación del ruido.

| Matriz de Riesgo Ambiental Subterránea para Impacto Acústico |                   |                                   |                         |  |
|--|-------------------|-----------------------------------|-------------------------|--|
| UBICACIÓN DEL EQUIPO   | EQUIPO            | NIVEL DE IMPACTO AMBIENTAL        |                         |  |
|  |                   | Leve                              | Moderado                | Alto                                   |
| NIVEL 1 3 NORTE TAMBOR 16                                    | VENTILADOR 3,0 HP | DESDE LOS 30m EN ADELANTE (70 dB) | DESDE 10 m. HASTA 30 m. | DESDE LA FUENTE HASTA 10 m. mayor 85dB |
| Trabajadores expuestos                                       |                   | Seis                              | Dos                     | eventuales                             |
| NIVEL 1 SUR TAMBOR 15  | VENTILADOR 3,5 HP | DESDE LOS 20 m EN ADELANT (65dB)  | DESDE 5 m. HASTA 20 m.  | DESDE LA FUENTE HASTA 5 m. mayor 85 dB |
| Trabajadores expuestos                                       |                   | Ocho                              | Cuatro                  | eventuales                             |
| NIVEL 2 NORTE TAMBOR 4                                       | VENTILADOR 5,0 HP | DESDE LOS 30m EN ADELANTE (70 dB) | DESDE 10 m. HASTA 30 m. | DESDE LA FUENTE HASTA 10 m. mayor 85dB |
| Trabajadores expuestos                                       |                   | Seis                              | Tres                    | eventuales                             |
| FRENTE INCLINADO 7.  | ELCTROBOMBA 30 HP | DESDE LOS 25 m EN ADELANTE (65dB) | DESDE 5 m HASTA 20 m.   | DESDE LA FUENTE HASTA 5 m. mayor 85 dB |
|  |                   | eventuales                        | eventuales              | Uno                                    |

## Conclusiones

La evaluación del impacto acústico generado por los ventiladores de 5 HP de potencia en el ambiente subterráneo en la mina San José se estimó tomando como referente

el modelo teórico del comportamiento del nivel de intensidad de ruido con respecto a la distancia, que se encuentra expresado como una función logarítmica; donde bajo esta premisa se realizó el ajuste del set de datos tomados en la mina aplicando regresión logarítmica, obteniéndose una correlación de 0,9879, lo que permite inferir que el fenómeno del ruido ocasionado por los ventiladores en el ambiente subterráneo de la mina se puede explicar en un 98,79%.

Se pudo determinar que varias de las mediciones registradas en los puntos de muestreo, presentaron considerable ruido de fondo esto particularmente debido a que el sonido se propago bajo una compleja trama de reflexiones aumentándose los niveles de presión o amplitud de la onda, cuya consecuencia es una atenuación pronunciada generada principalmente por el ambiente confinado, sumado a los respaldos o paredes rígidos del encofrado del túnel que poseen una porosidad relativamente media-baja, de manera que la onda reflejada y la producida por la fuente en dicho punto, se combinaron.

La evaluación y caracterización del impacto acústico en ambientes bajo tierra, no debe abordarse como simple medida puntual; sino que, el análisis y valoración de los niveles de ruido deben obedecer a una relación estrecha entre la salud ocupacional y el Sistema de Gestión Ambiental SGA, teniendo en cuenta que la contaminación acústica es un fenómeno que ejerce un impacto negativo directo en los trabajadores expuestos a estos niveles de ruido ocasionando enfermedades de tipo profesional.

## Referencias bibliográficas

ISO 1999:1990 (E). "Acoustics – Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment". International Organization for Standardization, Genève, Suiza, 1990.

Kovalchik, P. G., Matetic, R. J., Smith, A. K., and Bealko, S. B. (2008). "Application of Prevention through Design for Hearing Loss in the Mining Industry." *Journal of Safety Research*, 39(2), 251-254.

MINISTERIO DE MINAS-CARBOCOL (1987). Reglamento de seguridad de labores subterráneas. Decreto 1335/87

Navarro Torres, V. F., (2003). *Engenharia ambiental subterrânea e as suas Aplicações a minas Portuguesas e Peruanas*. Tesis de Doctorado Instituto Superior Técnico de la Universidad Técnica de Lisboa.

Navarro Torres, V.F; Da Gama, C.D (2002). "Evaluación de Impacto Ambiental Acústico en el ambiente Subterráneo de la Mina Panasqira. XXVI Convención minera del Perú,: Arequipa.

Sensogut, C., and Cinar, I. (2007). "An empirical model for the noise propagation in open cast mines GÇô A case study." *Applied Acoustics*, 68(9), 1026-1035.

# Diseño de mezclas bituminosas para pavimentos con alquitrán, usando las metodologías Marshall y Ramcodes<sup>1</sup>

Ricardo Ochoa Díaz<sup>2</sup>

Recibido:  
Mayo 29 de 2012

Aceptado:  
Noviembre 10 de 2012

<sup>1</sup> Este artículo se origina en la investigación titulada "ANÁLISIS DE LA UTILIZACIÓN DE ESCORIA Y ALQUITRÁN EN FABRICACIÓN DE MEZCLAS BITUMINOSAS PARA PAVIMENTOS", adscrita al Grupo de Investigación y desarrollo en Infraestructura Vial GRINFRAVIAL de la escuela de Ingeniería en Transporte y Vías de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Esta investigación fue financiada por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia y con apoyo de la empresa Acerías Paz del Río S.A. en el marco de la investigación.

<sup>2</sup> Ingeniero en Transportes y Vías de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja (1997). Especialista en Geotecnia Vial de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sogamoso (2002). Candidato a Magister en Ingeniería con énfasis en Infraestructura Vial de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. Docente del programa de Ingeniería de Transporte y Vías e Investigador activo del grupo GRINFRAVIAL de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja.  
Correo electrónico:  
ricardo.ochoa@uptc.edu.co

## Resumen

El presente documento plantea una alternativa de utilización del alquitrán de hulla, subproducto de la industria siderúrgica, dado el problema de su acumulación e impacto ambiental negativo. Por lo anterior, se observa la necesidad de analizar la incorporación de alquitrán de hulla como ligante en mezclas para pavimentos. De este modo, inicialmente se presenta la procedencia, descripción de las principales características y propiedades del alquitrán. Seguidamente, se formula y evalúa la mezcla, mediante el procedimiento de las metodologías Marshall y RAMCODES, para determinar su resistencia. Con los resultados obtenidos de los ensayos se obtuvieron las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla. Teniendo en cuenta los resultados de las dos metodologías se realiza una comparación para establecer la conveniencia de utilizar la metodología RAMCODES en el diseño de mezclas. Por último, se analiza la alternativa de utilizar el alquitrán de hulla como ligante en mezclas bituminosas para pavimentos.

**Palabras clave:** Alquitrán de hulla, mezclas bituminosas, Marshall, RAMCODES.

## Abstract

This paper presents an alternative use of coal tar, a byproduct of the steel industry, given the problem of accumulation and environmental impact negative. Therefore, there is a need to analyze the incorporation of coal tar as a binder in paving mixtures. Thus, this paper presents initially the origin, description of the main characteristics and properties of tar. Later, the mix is formulated and evaluated, by means of the procedure of RAMCODES and Marshall methodologies, to determine its resistance. With the results of the tests are obtained physical and mechanical properties of the mix. Taking into account the results of both methods, it makes a comparison to determine the suitability to use the methodology RAMCODES in the mix design. Finally, it analyzes the alternative to use coal tar as binder in bituminous mix for pavement.

**Keywords:** Coal tar, road surface mixtures, Marshall, RAMCODES.

## Introducción

En Colombia la infraestructura vial no ha evolucionado como todos esperábamos. La red vial se ha encontrado ante varios retos, en especial lo concerniente a los altos costos de las mezclas asfálticas utilizadas como capa de rodadura. Lo anterior, en gran parte obedece a los altos precios internacionales del petróleo, lo cual se refleja automáticamente en el precio del asfalto.

El actual costo de las mezclas asfálticas ha limitado el desarrollo de la infraestructura vial del país, especialmente en lo que respecta a vías de segundo orden. La red de carreteras del país es de alrededor 164.000 Km, de los cuales un 15% se encuentra pavimentado. De los 164.000 Km, 16.776 Km son de red primaria y 147.500 Km de red secundaria y terciaria. 13.296 Km de red primaria están a cargo del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y 3.380 Km son concesionados. Por su parte, la red secundaria y terciaria se encuentran distribuidas así: 72.761 Km a cargo de los departamentos, 4.918 Km a cargo de los municipios, 27.577 Km responsabilidad del Instituto Nacional de Vías y 12.251 Km de los privados [1].

Ante la situación anterior, surge la necesidad de buscar alternativas en la posibilidad de utilizar otros productos, que en ningún momento pretenden reemplazar el asfalto como ligante, como es el caso del alquitrán para la elaboración de mezclas bituminosas que puedan utilizarse como capas de rodadura en vías secundarias y terciarias.

Para utilizar el alquitrán como ligante es imperioso conocer sus características físicas y químicas, para lo cual se consultó en el laboratorio de Acerías Paz del Río S.A. lo relacionado con las propiedades químicas. Para la obtención de las propiedades físicas se realizaron pruebas de laboratorio enmarcadas dentro de las normas de ensayos de materiales para carreteras del INVIAS [2], así como

la caracterización de los agregados. Para el diseño de las mezclas se trabajó con las metodologías Marshall y RAMCODES, con el objeto de realizar una comparación y evaluación de la conveniencia de utilizar esta nueva metodología (RAMCODES), para la obtención del contenido óptimo de ligante y de las propiedades de la mezcla.

Este trabajo pretende contribuir al desarrollo en la utilización del alquitrán, un subproducto de la industria siderúrgica, y mejorar las condiciones ambientales en sus zonas de influencia mediante la disminución de la acumulación del alquitrán, que causa afectación ambiental en el entorno.

## Materiales y métodos

### Alquitrán como ligante

El alquitrán, como se observa en la figura 1, es un producto bituminoso semisólido o líquido que se obtiene como residuo de la destilación, en ausencia de aire, de sustancias orgánicas que posean materiales volátiles, como carbón o madera. Es un ligante en frío, resistente al agua, insoluble en aceites lubricantes y combustibles derivados del petróleo, soluble en éter, benceno, sulfuro de carbono, cloroformo y quinoleína. El alquitrán está formado por componentes alifáticos y naftalénicos que contienen hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre [3].

El alquitrán utilizado en este estudio es producido en la planta de Coquización, cuyo proceso se realiza a 1000°C [4]. En la tabla 1 se muestra las propiedades físico-químicas de este alquitrán.

Figura 1. Alquitrán de hulla



Tabla 1. Propiedades físico-químicas del alquitrán

| PARAMETRO                | UNIDAD  | PROMEDIO |
|--------------------------|---------|----------|
| Humedad                  | %       | 7        |
| Cenizas                  | %       | 0.10     |
| Insolubles en Quinoleína | %       | 4        |
| Insolubles en Tolueno    | %       | 3        |
| Poder calorífico         | kcal/kg | 8900     |

Fuente: Departamento Laboratorio Acerías Paz del Río S.A.

Las propiedades físicas se determinaron en laboratorio simulando éste a un asfalto líquido, los ensayos realizados fueron: ensayo de viscosidad Saybolt-Furol, para determinar el grado de fluidez del alquitrán; ensayo de Punto de Ignición y Llama, para determinar la temperatura a la cual los vapores del alquitrán se encienden al ser sometidos a calentamiento en presencia de una pequeña llama, así como determinar la temperatura a la cual la presencia de la llama produce el encendido del alquitrán y ensayo de gravedad específica.

### Agregados pétreos

Los materiales utilizados en una mezcla bituminosa deben ser sometidos a rigurosos estudios en los cuales se establece la posibilidad de su utilización. Para esto, como agregado grueso se utilizó material triturado tipo grava, el cual se sometió a los siguientes ensayos: desgaste en la máquina de los ángeles, porcentaje de caras fracturadas, índice de alargamiento e índice de aplanamiento.

Además se realizaron ensayos para determinar la gravedad específica y el porcentaje de absorción. Como agregado fino se utilizó arena y como llenante mineral se utilizó cemento Portland y finos de arena pasa tamiz #200, a los cuales se determinaron sus gravedades específicas. Todos los ensayos se hicieron teniendo en cuenta las normas de ensayo para materiales de carretera del INVÍAS [2].

El tipo de mezcla escogido para la realización de este estudio fue una mezcla densa en caliente tipo 2 (MDC-2) de acuerdo al Artículo 450-07 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVÍAS [5].

La metodología utilizada para el desarrollo de esta investigación se planteó en tres etapas: la primera la realización de todos los ensayos para conocer las características de los materiales a utilizar en el diseño de las mezclas bituminosas, la segunda fue la realización de los ensayos necesarios para la obtención de la fórmula de trabajo de la mezcla bituminosa por la metodología Marshall y por RAMCODES, y por último la comparación de los resultados de las dos metodologías y el análisis de la conveniencia de la utilización del alquitrán.

### Método Marshall

El propósito de este método es determinar el contenido óptimo de ligante para una mezcla específica de agregados; así como también proporcionar información sobre las características físicas y mecánicas de la mezcla bituminosa en caliente, de tal manera que sea posible establecer si cumplen los parámetros de densidades y contenidos óptimos de vacío durante la construcción de la capa de pavimento.

El objetivo general del procedimiento de diseño consiste en determinar una combinación y gradación económica de agregados y ligante que produzca una mezcla con: suficiente ligante para garantizar un pavimento durable, adecuada estabilidad para que satisfaga las demandas de tránsito sin producir deformación o desplazamiento, un contenido de vacíos lo suficientemente alto para permitir una ligera cantidad de compactación adicional bajo las cargas de tránsito, sin que se produzca exudación o pérdida de estabilidad y todavía lo suficientemente bajo para no dejar penetrar los efectos dañinos del aire y el agua, suficiente trabajabilidad para permitir una colocación eficiente sin segregación.

## Método RAMCODES

El método RAMCODES [6], acrónimo de Rational Methodology for Compacted Geomaterial's Densification and Strenght Analysis desarrollado por F.J. Sánchez-Leal, es una metodología basada en experimentos factoriales y en la experiencia práctica de diseño y control, para análisis de densificación y resistencia de geomateriales compactados.

El Marshall acelerado por RAMCODES es una aplicación elaborada para el diseño rápido del procedimiento Marshall tradicional, el cual liga racionalmente las especificaciones de diseño con los criterios de control en campo, mediante la implementación del "polígono de vacíos" que define un área donde se cumplen todas las especificaciones de vacíos (VAM, VAF y VA). Los vacíos están en función del contenido de ligante (%CA) y densidad Bulk (Gmb) y se representan en mapas como isolíneas, para los valores permitidos, la intersección de estas líneas produce una construcción gráfica en el espacio %CA - Gmb, que da lugar al polígono el cual por medio de su centroide es posible matemáticamente la obtención de un contenido de asfalto que cumplan a la vez todas las especificaciones de vacíos de la mezcla [7]

Los siguientes pasos han sido propuestos para modificar o acelerar el procedimiento de diseño Marshall original [8]:

- Determine la gravedad específica efectiva (Gse), la gravedad específica Bulk de la combinación de agregados (Gsb), y la gravedad específica aparente (Gsa) de la combinación de agregados seleccionada. Verifique que  $Gsa > Gse > Gsb$  según las definiciones teóricas. Si no verifica, revise los ensayos correspondientes.
- Obtenga matemáticamente, del polígono de vacíos, el contenido óptimo de ligante teniendo en cuenta las especificaciones y las gravedades específicas de la combinación de agregados. Para determinar el centroide del polígono de vacíos, estos pueden ser fácilmente automatizados en una hoja electrónica convencional excel o bien, se

puede utilizar RAMSOFT.

- Siguiendo las disposiciones del ensayo Marshall, mezcle la combinación de agregados con el contenido óptimo de ligante y compacte tres especímenes bajo la energía de compactación seleccionada. Mida los especímenes para determinar los vacíos, y ensáyelos para determinar la estabilidad y el flujo. Promedie los resultados.
- Verifique si el promedio del contenido de ligante y la densidad Bulk entra en el polígono de vacíos. Si no verifica, entonces el intento falló. Seleccione otra combinación de agregados y vaya al primer paso.
- Verifique si el promedio de estabilidad y flujo de los especímenes cumplen con las especificaciones. Si no verifica, entonces el intento falló. Seleccione otra combinación de agregados y vaya al primer paso.

## Resultados

### Caracterización de los materiales

De acuerdo a la metodología propuesta, a continuación se presentan los resultados de los ensayos realizados a los materiales usados en la investigación. La tabla 2, presenta la caracterización del ligante utilizado (Alquitrán de Hulla).

Tabla 2. Caracterización del alquitrán de hulla

| NORMA        | ENSAYO  | RESULTADO |
|--------------|---|-----------|
| INV E-707-07 | Gravedad específica de materiales bituminosos (Método del picnómetro) | 1.12      |
| INV E-709-07 | Punto de ignición mediante la copa abierta de Cleveland               | 70 °C     |
| INV E-709-07 | Punto de llama mediante la copa abierta de Cleveland                  | 80 °C     |
| INV E 714-07 | Viscosidad Saybolt Furol  | 200 s     |
| INV E-723-07 | Destilación de ligantes líquidos                                      | 2.2%      |

En la tabla 3, se presentan los resultados de los ensayos realizados al agregado grueso. En las tablas 4 y 5, se muestran los resultados de la caracterización de la arena

utilizada como agregado fino y la densidad del cemento Portland y la arena fina pasa tamiz #200, utilizados como llenante mineral, respectivamente. Al comparar estos resultados con las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS 2007 [5], los materiales pueden ser utilizados para la fabricación de mezclas bituminosas para pavimentos.

### Diseño experimental

En la tabla 6, se muestran las seis (6) distribuciones granulométricas con sus respectivas dosificaciones, la variable es el tipo de llenante mineral (cemento o arena), ajustadas a la franja granulométrica de una mezcla tipo MDC-2, escogida para el proceso en los ensayos de laboratorio para las metodologías Marshall y RAMCODES, basando su desarrollo en dos etapas.

Las granulometrías se ajustaron para que dentro de la franja de una mezcla MDC-2, estas estuvieran justo en el centro, por el lado fino y por el lado grueso de dicha franja, figura 2, esto con el objeto de evaluar la incidencia de la granulometría en el comportamiento de la mezcla.

Tabla 3. Caracterización del agregado grueso

| NORMA        | ENSAYO   | RESULTADO                   | ESPECIFICACIÓN |
|--------------|--|-----------------------------|----------------|
| INV E-218-07 | Desgaste en la máquina de los ángeles          | 16.64%                      | 25% máx.       |
| INV E-227-07 | Porcentaje de caras fracturadas                | 100%                        | 60% mín.       |
| INV E-230-07 | Índice de alargamiento                         | 17.62%                      | -              |
| INV E-230-07 | Índice de aplanamiento                         | 23.92%                      | -              |
| INV E-223-07 | Gravedad específica bulk (Gsb) y absorción     | Gravedad específica<br>2.44 | Absorción      |
| INV E-223-07 | Gravedad específica (Gsb-sss) y absorción      | 2.50                        | 2.32%          |
| INV E-223-07 | Gravedad específica aparente (Gsa) y absorción | 2.59                        |                |

Tabla 4. Caracterización del agregado fino

| NORMA        | ENSAYO   | RESULTADO                   | ESPECIFICACIÓN |
|--------------|--|-----------------------------|----------------|
| INV E-133-07 | Equivalente de arena                           | 70%                         | 50% mín.       |
| INV E-222-07 | Gravedad específica bulk (Gsb) y absorción     | Gravedad específica<br>2.23 | Absorción      |
| INV E-222-07 | Gravedad específica (Gsb-sss) y absorción      | 2.26                        | 1.36%          |
| INV E-222-07 | Gravedad específica aparente (Gsa) y absorción | 2.30                        |                |

Tabla 5. Propiedades del llenante mineral

| MATERIAL                | NORMA        | ENSAYO                       | RESULTADO |
|-------------------------|--------------|------------------------------|-----------|
| CEMENTO PORTLAND        | INV E-307-07 | Densidad del cemento         | 3.10      |
| ARENA PASA TAMIZ No 200 | INV E-222-07 | Gravedad específica efectiva | 2.74      |

En la primera etapa, se realizaron seis diseños Marshall para el desarrollo experimental, tres con cemento como llenante y tres con arena pasa tamiz #200, la temperatura de calentamiento de los agregados y el ligante fue de 40 °C y con una compactación constante de 75 golpes por cara (nivel de tránsito NT-2), realizando un experimento factorial variando dos factores, el contenido de ligante variable en 0.5% para cada mezcla y la gradación variable de acuerdo a la ubicación en la franja granulométrica. Lo anterior, con el objeto de encontrar la fórmula de trabajo para el diseño Marshall, seguido del proceso de compactación y toma de resultados del comportamiento mecánico de las mezclas.

En la segunda parte se elaboraron seis RAMCODES (granulometrías idénticas a las utilizadas con Marshall), con porcentajes de ligante constantes para cada granulometría, con una compactación constante de 75 golpes por cara y una temperatura de mezclado de 40°C. Dichos porcentajes se lograron de acuerdo a la utilización del RAMSOFT programa pilar de la metodología RAMCODES el cual arrojó la fórmula de trabajo (porcentaje óptimo de ligante) para cada mezcla, seguido del proceso de

compactación y toma de resultados de estabilidad y flujo de las mezclas.

**Tabla 6.** Distribuciones granulométricas y tipo de agregados de las mezclas

| MEZCLA | AGREGADO | MATERIAL        | PORCENTAJE | DISTRIBUCIÓN                            |
|--------|----------|-----------------|------------|---|
| M-1    | Grueso   | Grava           | 41         | Lado grueso de la franja granulométrica |
|        | Fino     | Arena           | 52         |   |
|        | Llenante | Cemento         | 7          |   |
| M-2    | Grueso   | Grava           | 46         | Centro de la franja granulométrica      |
|        | Fino     | Arena           | 49         |   |
|        | Llenante | Cemento         | 5          |   |
| M-3    | Grueso   | Grava           | 50         | Lado fino de la franja granulométrica   |
|        | Fino     | Arena           | 46         |   |
|        | Llenante | Cemento         | 4          |   |
| M-4    | Grueso   | Grava           | 40         | Lado grueso de la franja granulométrica |
|        | Fino     | Arena           | 54         |   |
|        | Llenante | Arena pasa #200 | 6          |   |
| M-5    | Grueso   | Grava           | 44         | Centro de la franja granulométrica      |
|        | Fino     | Arena           | 51         |   |
|        | Llenante | Arena pasa #200 | 5          |   |
| M-6    | Grueso   | Grava           | 47         | Lado fino de la franja granulométrica   |
|        | Fino     | Arena           | 49         |   |
|        | Llenante | Arena pasa #200 | 4          |   |

Una vez compactadas las probetas, se dejaron enfriar durante 15 minutos, antes de sacarlas del molde. Una vez fuera del molde se dejaron enfriar y curar a temperatura ambiente por ocho días, de tal manera que se liberen los solventes de la mezcla. Posterior a este tiempo, se continuó con la realización del

ensayo y la determinación de la estabilidad y flujo en la prensa Marshall.

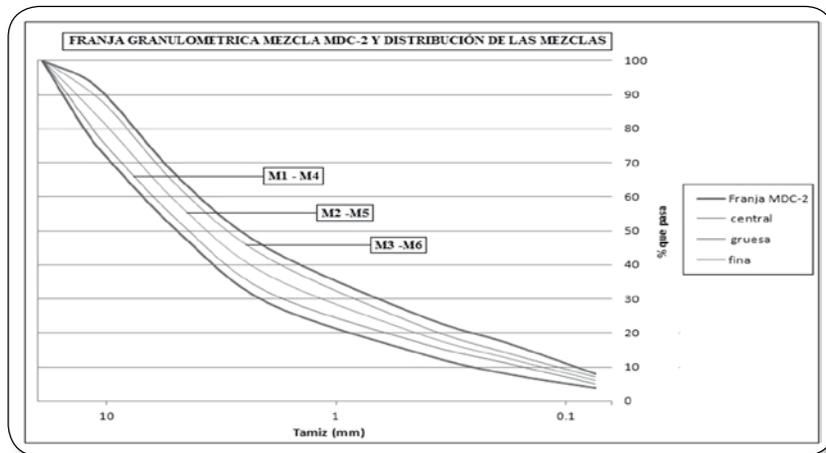
**Resultados de las pruebas realizadas con las dos metodologías**

A continuación, en las tablas 7 y 8, se presentan los resultados obtenidos de las mezclas diseñadas mediante las dos metodologías.

Basados en el hecho de que la metodología RAMCODES utiliza parámetros y fórmulas del diseño Marshall, se espera obtener resultados similares. Esto se puede constatar con los resultados obtenidos en este proyecto, donde se consiguieron respuestas muy parecidas empleando las dos metodologías con relación a las propiedades volumétricas y mecánicas de cada una de las mezclas.

Según los resultados obtenidos y teniendo en cuenta las especificaciones de la tabla 450.4 del artículo 450-07 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS [5], las mezclas preparadas con cemento portland como llenante cumplen para un nivel de tránsito NT-1, sin embargo el flujo está un poco por encima del rango de 2-4 mm. En los resultados observados de las mezclas preparadas con arena pasa tamiz #200 como llenante, algunos parámetros cumplen las especificaciones para un nivel de tránsito NT-1, aunque el flujo si resultó muy alejado del rango especificado. Los resultados de la metodología Marshall para la mezcla M-2,

**Figura 2.** Distribución granulométrica de las mezclas



cumplen con todas las especificaciones para un nivel de tránsito NT-2, siendo así está la fórmula de trabajo que mejor comportamiento mecánico presenta.

**Tabla 7.** Resultados de las mezclas diseñadas con cemento como llenante

| MEZCLA DISEÑADAS CON GRAVA, ARENA Y CEMENTO |          |           |          |           |          |           |
|---|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| PARÁ-METRO                                  | M-1      |           | M-2      |           | M-3      |           |
|   | Marshall | RAM-CODES | Marshall | RAM-CODES | Marshall | RAM-CODES |
| Alquitrán (%)                               | 7.40     | 7.13      | 6.50     | 6.87      | 6.42     | 6.63      |
| Gmb (gr/cm <sup>3</sup> )                   | 2.13     | 2.14      | 2.14     | 2.13      | 2.13     | 2.13      |
| Estabilidad (Kg)                            | 734      | 793       | 792      | 755       | 668      | 688       |
| Flujo (mm)                                  | 4.13     | 4.03      | 3.88     | 4.13      | 4.26     | 4.22      |
| Vv (%)                                      | 4.0      | 3.86      | 4.0      | 3.88      | 4.0      | 3.88      |
| VAM (%)                                     | 16.37    | 15.78     | 15.22    | 15.80     | 15.53    | 15.81     |
| VFA (%)                                     | 75.70    | 75.51     | 73.90    | 75.43     | 74.30    | 75.43     |

**Tabla 8.** Resultados de las mezclas diseñadas con arena como llenante

| MEZCLA DISEÑADAS CON GRAVA, ARENA Y ARENA PASA TAMIZ #200 |          |           |          |           |          |           |
|---|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| PARÁ-METRO  | M-4      |           | M-5      |           | M-6      |           |
|   | Marshall | RAM-CODES | Marshall | RAM-CODES | Marshall | RAM-CODES |
| Alquitrán (%)   | 6.60     | 6.80      | 6.60     | 6.70      | 6.20     | 6.70      |
| Gmb (gr/cm <sup>3</sup> )                                 | 2.18     | 2.18      | 2.17     | 2.17      | 2.18     | 2.17      |
| Estabilidad (Kg)  | 527      | 472       | 702      | 643       | 665      | 588       |
| Flujo (mm)  | 8.0      | 10.1      | 9.2      | 10.0      | 8.6      | 9.8       |
| Vv (%)  | 4.0      | 3.9       | 4.0      | 3.9       | 4.0      | 3.9       |
| VAM (%)   | 15.6     | 15.8      | 15.8     | 15.8      | 15.0     | 15.8      |
| VFA (%)   | 73.7     | 75.5      | 74.0     | 75.5      | 73.0     | 75.5      |

## Conclusiones

Este trabajo pretende abrir la investigación dirigida a evaluar el comportamiento de mezclas bituminosas para pavimentos utilizando otro tipo de ligante diferente al asfalto.

No se pretende reemplazar el asfalto en la elaboración de mezclas para pavimentos, la intención es buscar alternativas que permitan escoger el producto que más se ajuste a las necesidades de cada proyecto específico.

RAMCODES es una metodología de gran utilidad para el diseño, producción y control de calidad de mezclas bituminosas, puesto que garantiza el cumplimiento de los parámetros volumétricos exigidos por las especificaciones. Además, existen varios beneficios al utilizar esta metodología como ahorro de tiempo, recursos y dinero, gracias a que solo es necesario realizar tres briquetas en comparación con 15 briquetas de la metodología Marshall.

Entre las observaciones encontradas en el desarrollo de esta investigación, RAMCODES demostró, por medio de sus aplicaciones, ser una herramienta útil en la interpretación de las respuestas de los materiales compactados basados en el comportamiento de vacíos y las trayectorias del incremento de ligante en la mezcla.

De acuerdo con las metodologías, se puede decir que la mezcla M-2 va a presentar un mejor comportamiento a lo largo de su vida útil, debido a que tiene una relación muy cercana con las especificaciones de construcción de carreteras del INVIAS-2007 para niveles de tránsito NT-1 y NT-2.

La incorporación del cemento como llenante jugó un papel importante en el comportamiento de la mezcla debido a que mejoró las propiedades del ligante, mejorando la adherencia con los agregados permitiendo mejores respuestas de estabilidad y flujo.

Sin pretender desplazar el uso de asfalto en la fabricación de mezclas para pavimentos, si se puede pensar en la utilización de alquitrán de hulla en la fabricación de estas mezclas para ser utilizadas en vías secundaria y terciarias, encontrando un comportamiento aceptable siempre y cuando se cumplan todos los requerimientos para poder cumplir con las especificaciones.

## Referencias bibliográficas

- [1] MINISTERIO DE TRANSPORTE. (2008). Oficina Asesora de Planeación. Diagnóstico del sector Transporte, 2008, p. 47.
- [2] INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS), (2007). Normas de Ensayos de Materiales para Carreteras. V. I y II. Bogotá D.C.
- [3] Acerías Paz del Río S.A. Disponible en <http://www.pazdelrio.com.co/alquitran.htm/>>. Fecha de consulta 25 de enero de 2012.
- [4] Gómez, Alfonso, (2002). Proceso siderúrgico Planta Belencito. Acerías Paz del Río S.A.
- [5] INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS), (2007). Especificaciones generales de construcción de carreteras. Bogotá D. C.
- [6] Sánchez Leal, Freddy J, RAMCODES: Metodología racional para el análisis de densificación y resistencia de geomateriales compactados. Descripción de la metodología y campo de aplicación. Publicación técnica 200 ed. Sanfandila, Querétaro, México. 2002. ISSN 0188-7297.
- [7] DELGADO ALAMILLA, Horacio, et al. Influencia de la granulometría en las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica. Metodología RAMCODES, RAMCODES en las mezclas asfálticas. Publicación Técnica 299 ed. Sanfandila, Querétaro, México. 2006. ISSN 0188-7297. Citado SÁNCHEZ-LEAL, F. J. Manual de aplicación RAMCODES. Venezuela: Solestudios C.A. 2008.
- [8] SÁNCHEZ-LEAL, F. J. Manual de aplicación RAMCODES. Venezuela: Solestudios C.A. 2008.

# Caracterización tecnológica y del talento humano de las empresas fabricantes de cerámica roja ubicadas en el área metropolitana de Cúcuta<sup>1</sup>

Jorge Sánchez Molina<sup>2</sup> | John Freddy Gelves Díaz<sup>3</sup> | Yebraíl Alexis Romero Arcos<sup>4</sup>

Recibido:  
Mayo 25 de 2012

Aceptado:  
Septiembre 5 de 2012

<sup>1</sup>Los autores agradecen a todas las personas que colocaron su granito de arena para llevar a buen término el proyecto “Conformación e implementación del cluster de la cerámica de Norte de Santander”, al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación COLCIENCIAS por el apoyo brindado.

<sup>2</sup> Centro de Investigación de Materiales Cerámicos, Grupo de Investigación en Tecnología Cerámica GITEC, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta-Colombia. Magister en Gerencia de empresas.  
Correo electrónico:  
j\_sanchezmolina@yahoo.es

<sup>3</sup> Centro de Investigación de Materiales Cerámicos, Grupo de Investigación en Tecnología Cerámica GITEC, Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta-Colombia. Ingeniero de Producción Industrial. Estudiante de Doctorado en Ciencia y Tecnología de Materiales.  
Correo electrónico:  
johngelves@yahoo.es

<sup>4</sup> Centro de Investigación de Materiales Cerámicos, Grupo de Investigación en Tecnología Cerámica GITEC, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta-Colombia. Ingeniero de Producción Industrial. Especialista en gestión de proyectos. Estudiante de Maestría en Gerencia de Empresas.  
Correo electrónico:  
alexis.romero@gmail.com

## Resumen

*El presente trabajo muestra como están conformadas las empresas fabricantes de cerámica roja de esta región de Colombia, desde el punto de vista productivo, tecnológico, económico y de talento humano que allí labora. La información consolidada aquí se ha basado en un muestreo representativo de las unidades productivas que se encuentran legalmente constituidas y registradas en la Cámara de comercio de Cúcuta. El panorama encontrado ha dejado ver que esta industria ha alcanzado su mayor periodo de crecimiento en la última década (2000 - 2010), predominando la empresa de clase pequeña, con un especial énfasis en la fabricación de cerámicas no esmaltadas; se evidencia un nivel tecnológico medio-bajo al ser comparado con uno de los principales referentes internacionales; algo similar se aprecia en el nivel de formación académica del personal con altos niveles de analfabetismo y una limitada participación de personal especializado.*

**Palabras clave:** Cerámica roja, área metropolitana de Cúcuta, Cluster, vitrificado, horno colmena

## Abstract

*The objective of this article is to present the productive, technological, economic and human talent areas of the manufacturing companies of red clay in Norte de Santander-Colombia. This is attained by sampling the companies legally constituted and registered in the commerce chamber of Cúcuta. The results found show a growth in the ceramic industry in the last decade (2000 - 2010), where the small companies prevail with special emphasis on the manufacture of unglazed ceramics; the technological level is medium-low compared with international standards, something similar happens with the education of the personnel, there's a high level of illiteracy and the specialized personnel is limited.*

**Keyword:** Red ceramic, metropolitan area of Cúcuta, cluster, vitrified, kiln hive

## Introducción

El departamento Norte de Santander se caracteriza por poseer un gran potencial minero, el carbón, las arcillas, las calizas, feldespatos y fosfatos son algunos de los materiales que actualmente se extraen y se transforman en la región [1].

La ubicación geográfica del departamento, en la que se destaca la posición fronteriza, la abundancia y calidad de las arcillas han conllevado a que en la región se haya instalado una gran cantidad de unidades productivas dedicadas a la fabricación de materiales cerámicos, principalmente aquellos destinados a la industria de la construcción. Esta concentración geográfica de industrias cerámicas, hacen de este sector uno de los más estratégicos y promisorios para el departamento, como muestra de esto, se tiene que el departamento, ocupa el primer lugar en exportaciones en la mayoría de subpartidas arancelarias que hacen parte del capítulo 69, de acuerdo con las estadísticas publicadas por Proexport en los últimos años [2-5].

La transformación que ha tenido el sector cerámico regional en los últimos años ha conllevado a que no se tenga un conocimiento muy claro de los aspectos productivos, económicos, tecnológicos y sociales que se mueven en torno a las empresas que conforman este sector. Aunque se ha realizado varios estudios [6-11], estos solo se han enfocado a temas muy específicos a algunas pocas unidades productivas, lo cual no es garantía para hacer inferencias sobre todo el sector, debido a aspectos como versatilidad de técnicas de fabricación, tamaño de la fábrica, tipo de productos elaborados, ubicación geográfica dentro del área metropolitana, las cuales tienen gran influencia acorde a la literatura. La ejecución del proyecto denominado "Conformación del Cluster de la cerámica de Norte de Santander"

el cual es la base del desarrollo del presente trabajo, permitió una caracterización más a fondo del sector cerámico regional, en temas como clasificación de empresas de acuerdo a la normatividad, clasificación de productos fabricados, procesos productivos utilizados, tecnologías empleadas, aspectos económicos y de talento humano que labora en esta industria [12-13].

## Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en la Zona Metropolitana de San José de Cúcuta conformada por los municipios de Cúcuta, El Zulia, Los Patios, Villa del Rosario y San Cayetano; siendo estos municipios los de mayor concentración de unidades productivas dedicadas a la fabricación de cerámica roja. La investigación realizada fue del tipo descriptivo con carácter exploratorio. La población tomada como objeto de estudio fueron las empresas fabricantes de cerámica roja ubicadas en esta región y registradas en la Cámara de Comercio de Cúcuta. Se realizó un muestreo de tipo probabilístico, estableciendo la muestra de acuerdo a la fórmula

$$n = \frac{k^2 * N * p * q}{k^2 * p * q + N * \varepsilon^2}$$

Siendo

$p = 0.5$  (probabilidad de éxito)

$q = 1 - p = 0.5$  (probabilidad de fracaso)

De acuerdo a lo expuesto por Weiers [14], cuando no se tiene una proporción de  $p$ , se debe ser moderado y tomar los valores de  $p = 0.5$ .

$\alpha = 95 \%$

$k =$  múltiplo de error estándar. Se selecciona un nivel de confianza del 95 %,  $k = 1.96$

e = error o máxima diferencia entre la proporción muestral y la proporción de la población que se esta dispuesto a aceptar en el nivel de confianza, se asume un e = 10 %, que es utilizado para los estudios sociales.

N = población, objeto de estudio

n = empresas de muestreo

De donde

N = población, objeto de estudio (59 empresas fabricantes de productos cerámicos)

$$n = \frac{(1,96)^2 * 59 * 0,5 * 0,5}{(1,96)^2 * 0,5 * 0,5 + (59 * (0,1)^2)} = 37$$

n = 37 empresas de fabricantes

La recolección de información se llevó a cabo, realizando visitas de campo a las empresas fabricantes de cerámica roja, utilizando las técnicas de observación directa, encuestas y entrevistas en algunos casos. El trabajo de captura de la información fue realizada por profesionales con experiencia en el tema, recopilando información de informantes claves tales como: gerentes de planta y de asociaciones (Induarcilla), jefes de producción y de operarios en cada una de las empresas seleccionadas, utilizando herramientas para recolección de evidencia fotográfica y formatos de registros de novedades de las observaciones encontradas. La información fue analizada por personal experto empleando principios de estadística descriptiva tales como medidas de tendencia central y graficación de resultados, con el apoyo de la aplicación Excel de Microsoft Corporation.

## Resultados y discusión

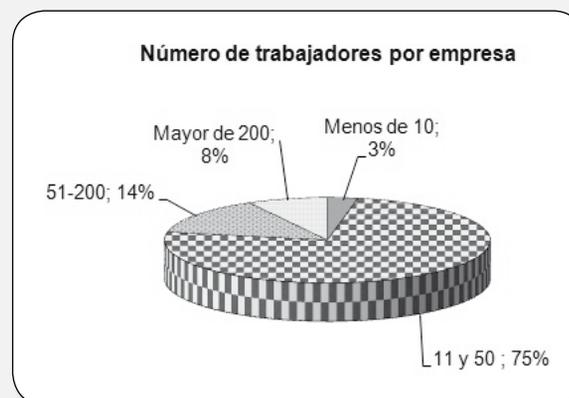
Inicialmente se muestra las características generales de las empresas del sector, seguidamente de los aspectos de producción y tecnología, y, finalmente el tema relacionado con el talento humano.

La ley 905 de 2004 permite clasificar las empresas colombianas de acuerdo a criterios como nivel de activos y numero de empleados, en las figuras 1 y 2 se muestra los resultados obtenidos para las empresas que hacen parte del cluster de la cerámica del área metropolitana de Cúcuta (fabricantes de cerámica roja); las figuras 3 y 4 muestran aspecto relacionados con la existencia de la empresas y principales tipos de sociedades conformadas.

Figura 1. Rango de activos totales que manejan las empresas fabricantes de cerámica roja en unidades de salarios mínimos mensuales vigentes



Figura 2. Número de empleados de las empresas fabricantes de cerámica roja del área metropolitana de Cúcuta



En la figura 1 se observa que el 46% de las empresas fabricantes de cerámica roja de la región de Cúcuta y el área metropolitana tienen activos en un rango de 501 a 5.000 salarios mínimos mensuales legal vigente ubicándolo en el rango de pequeña empresa, según la clasificación de la ley 905 de 2004

un 16% se clasifica como microempresa, el 30% como mediana empresa y un 8% como gran empresa. El número de empleados de las empresas del sector según la figura 2 se encuentra en su mayoría entre 11 y 50 empleados, que corresponde a la pequeña empresa, con 75%; entre 51 y 200 con un 14% que corresponde a la mediana empresa. Se puede clasificar las empresas según su orden de importancia como: pequeña, mediana, microempresa y gran empresa.

Figura 3. Tiempo de funcionamiento de las empresas fabricantes de cerámica roja

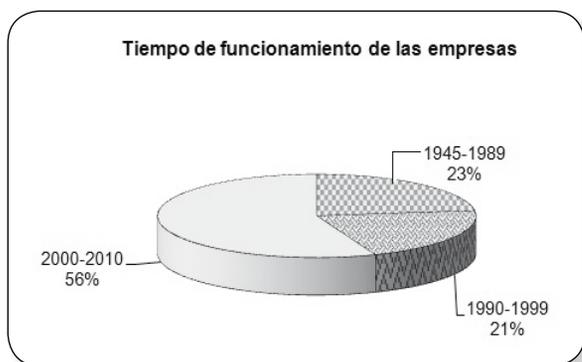
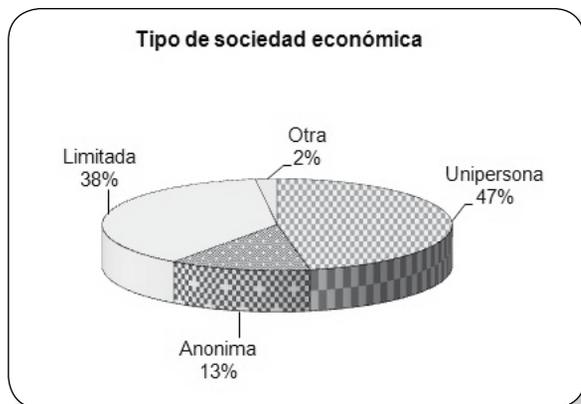


Figura 4. Tipo de sociedades de las empresas fabricantes de cerámica roja



La figuras 3 y 4 dejan ver que gran parte de las empresas se han establecido en la última década 56%, y que un gran porcentaje, 47% de las mismas son de un único dueño.

Como aspecto de importancia para caracterizar a las empresas fabricantes de cerámica roja, se determinó el nivel de ingresos de las organizaciones que hacen parte de este conglomerado industrial. En la figura 5 se pueden apreciar los resultados.

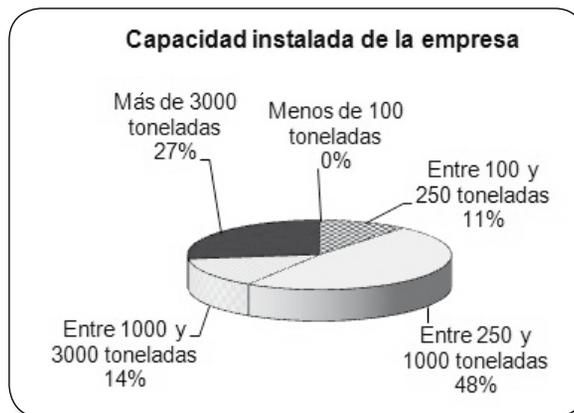
Figura 5. Nivel de ingreso mensual de las empresas fabricantes de cerámica roja (Pesos)



En la figura 5 se observa que el 30% de las empresas reportan ingresos superiores a 250 millones de pesos mensuales, el 56% está entre 50 y 250 millones de pesos mensuales; este valor de ingresos viene a corresponder a los ingresos de las empresas de tamaño pequeño [15].

Los niveles de capacidad instalada guardan una relación directa con los niveles de ingresos de las empresas del sector, la figura 6 muestra los rangos de capacidad instalada de las empresas fabricantes de cerámica roja de la región.

Figura 6. Capacidad instalada de las empresas en toneladas/mes



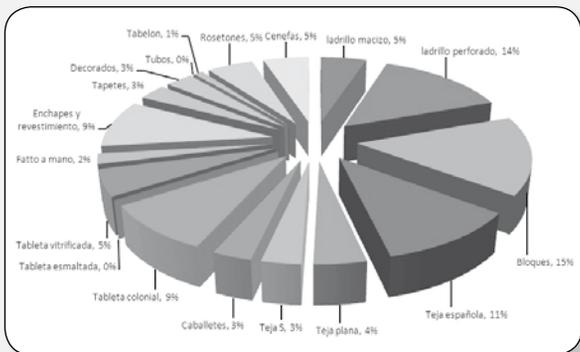
El 48% de las empresas tiene una capacidad instalada entre 250 y 1.000 toneladas/mes, el 27% tiene una capacidad instalada superior a 3.000 toneladas/mes, lo que aproximadamente coincide con el porcentaje observado en la figura 5, con empresas que tienen ingresos superiores a 250

Caracterización tecnológica y del talento humano de las empresas fabricantes de cerámica roja ubicadas en el área metropolitana de Cúcuta

millones de pesos. Al comparar la industria local con algunos referentes españoles como el grupo Uralita, Productos cerámicos Borja, Cerámicas Collado y del Ter cuyos niveles de consumo mensual están por encima de las 9600 toneladas mensuales; se puede apreciar que la capacidad instalada en la región es baja, de igual manera los ingresos mensuales son mucho mas bajos, siendo en promedio para las empresas españolas asociadas en Hispalyt de 800 millones de pesos, tomando como periodo de comparación el año 2009, [15-16].

El cluster de la cerámica del área metropolitana de Cúcuta se caracteriza por que la gran mayoría de productos fabricados están destinados a la industria de la construcción [17]. En la figura 7 se puede apreciar los productos (cerámica roja) que son fabricados por las empresas del sector.

Figura 7. Tipo de productos fabricados en las empresas

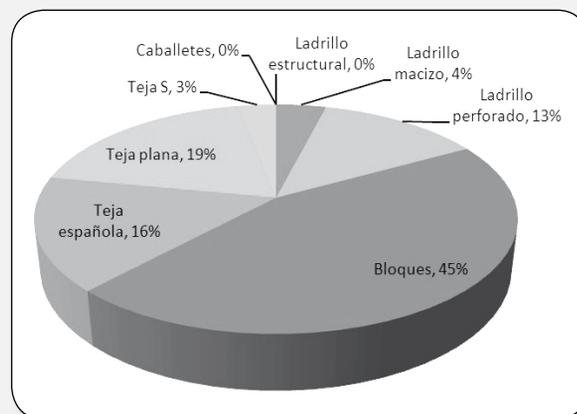


En la figura 7, se aprecia, que la mayor proporción de productos fabricados en las empresas corresponde a bloque (15%), ladrillo perforado (14%), Teja española (11%), tableta colonial (9%) y enchapes y revestimientos (9%) y en menor proporción se encuentra los tubos (0%), tabelon (1%), tableta esmaltada (0%). Se aclara que el 0% no significa que no se fabrique en las empresas, sino que en proporción, comparado con la producción de los otros productos, es insignificante. Los resultados mostrados son los que se recolectaron para inicios del año 2011, en épocas anteriores (años 2007 y 2008) las tejas y las tabletas vitrificadas eran las de mayor representatividad, pero debido al cierre del mercado venezolano por los problemas de tipo

político hicieron que estos datos cambiaran significativamente [18].

En referencia al nivel de producción de los artículos elaborados por las empresas se encontró bastante divergencia entre los datos reportados por los empresarios, por tanto se realizó una clasificación de acuerdo a toneladas producidas mensualmente, metros cuadrados y unidades elaboradas, las figuras 8, 9 y 10 muestran los resultados de esta clasificación

Figura 8. Participación de los productos sobre la producción promedio mensual de las empresas en Tonelada/mes



En las fábricas la mayor producción en toneladas/mes se reporta en la producción de bloques, con una proporción apreciable de 45%, se observa en menor proporción la producción de ladrillo perforado, teja plana y la teja española. El resto de productos también se fabrican pero su proporción es mínima comparada con la producción de Bloques. Las condiciones favorables del mercado venezolano entre 2004 y 2008 tenían un panorama distinto al plasmado en la figura 8, la creación de empresas en la época acorde a lo presentado en la figura 3 se enfocó a la fabricación de teja, puesto que este producto requería menores consumo de materia prima y costo de fletes por unidad, lo cual impulso significativamente la manufactura de este producto para su exportación, permitiéndole así ocupar el primer puesto en producción a nivel de piezas medidas en unidades, incluso a nivel general, acorde a las estadísticas de Proexport y diferentes trabajos realizados[3-6].

Las condiciones actuales no favorecen las exportaciones para estas empresas, por tanto han tenido que adaptarse a la demanda local, regional y nacional, la cual en la actualidad requiere principalmente material de cerramiento como el bloque, lo cual se refleja en los resultados aquí presentados; este panorama, no favorece los ingresos de las empresas puesto que para la fabricación de una teja española solo se requieren 1,25 Kilogramos de arcilla en promedio, mientras que para un bloque (Número 5) tradicional en promedio se requieren 4,50 kilogramos, esto sumado a los costos de transformación y al bajo valor agregado, ha conllevado a que muchas unidades productivas estuviesen en crisis financiera para las fechas donde se llevó a cabo la recolección de información. En la figura 9 se puede apreciar que la mayor proporción de producción en metros cuadrados es en tableta vitrificada con un 54%. Un 35% es tableta colonial y un 11% de enchapes vitrificados. Es insignificante la producción de fatto a mano, comparado con la producción de tableta vitrificada.

Figura 9. Participación de los productos sobre la producción promedio mensual de las empresas en m<sup>2</sup>

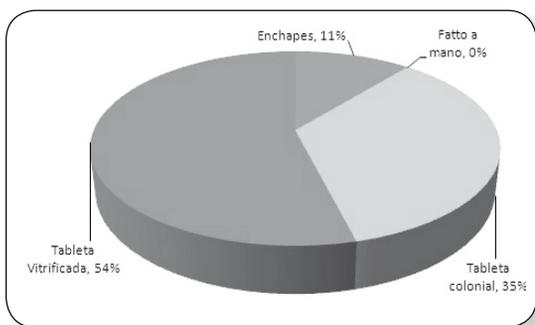
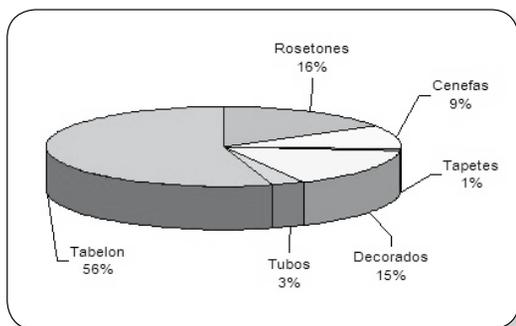


Figura 10. Participación de los productos sobre la producción promedio mensual de las empresas en unidades



De los productos que se producen por unidades, el de mayor proporción es el tabelón con un 56%, el resto de productos tiene una producción baja comparada con este producto.

Los clientes de las empresas fabricantes de cerámica roja son los que se muestran en la figura 11, de igual forma en la figura 12 se presentan los resultados de representatividad de los productos que son exportados.

Figura 11. Clientes de las empresas fabricantes de cerámica roja

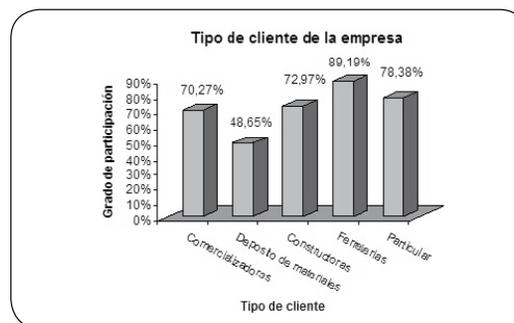
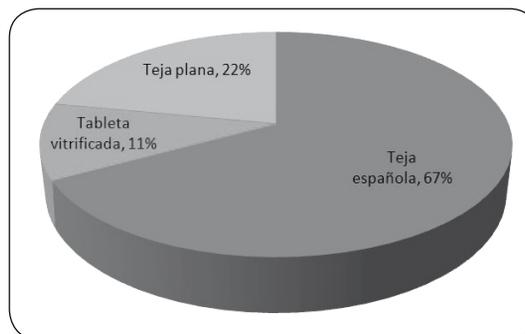


Figura 12. Representatividad de los productos exportados



De los 15 productos (cerámica roja) que se producen en la región, solo tres se exportan. La mayoría es la teja española con un 67%, seguido de teja plana con un 22% y tableta vitrificada 11%. Se encontró que Venezuela es el principal mercado para las empresas del sector, en menor proporción se encuentra las exportaciones a Ecuador, Panamá, Estados Unidos y las islas del Caribe.

Los resultados de la caracterización de la tecnología empleada en las empresas fabricantes de cerámica roja del área metropolitana de Cúcuta se presenta a continuación, la figura 13 muestra los métodos

Caracterización tecnológica y del talento humano de las empresas fabricantes de cerámica roja ubicadas en el área metropolitana de Cúcuta

de conformado empleados para la elaboración de las piezas. La figura 14 presenta el método de secado empleado y la figura 15 la tecnología empleada para la sinterización (la sinterización es uno de los métodos de fabricación más antiguos de metales y materiales cerámicos) de los artículos cerámicos.

Figura 13. Método empleado para el conformado de las piezas cerámicas

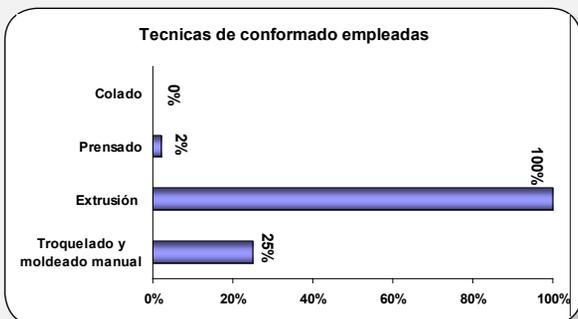


Figura 14. Métodos utilizados para el secado de los productos

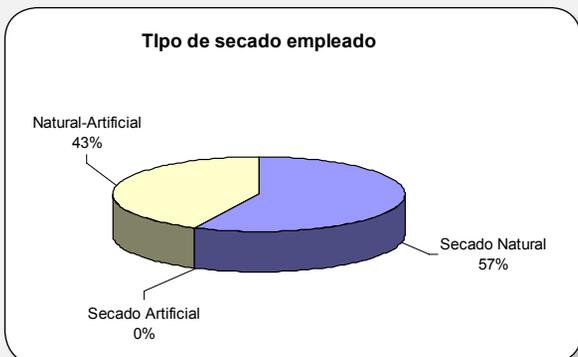
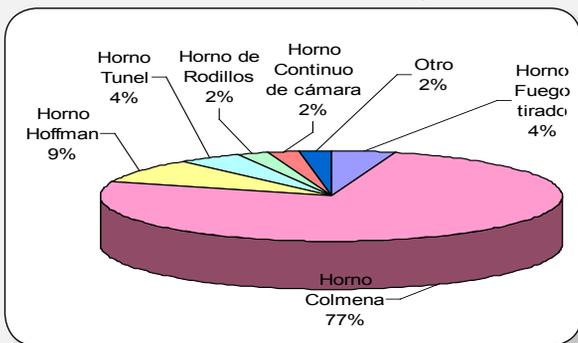


Figura 15. Hornos empleados en la empresa fabricantes de cerámica roja



Según la figura 15 el tipo de horno más utilizado en las empresas fabricantes de cerámica roja de la región es el horno colmena o de llama invertida (77%), en mínima

proporción se pueden encontrar en las empresas hornos Hoffman (9%), Horno túnel (4%), Horno de fuego tirado (4%), Horno de Rodillos (2%), Hornos de cámara (2%) y otro (2%). Si se hace una comparación con España (empresas fabricantes de cerámica roja) se tiene que, los hornos túneles son el 86,72%, Hoffman 11,95%, intermitentes 0,87% y rodillos 0,46% [19]. Haciendo el análisis se evidencia que en España predomina los hornos túneles con 86,72%, mientras que en Cúcuta y su área metropolitana el colmena con 77% es el de mayor uso, y solamente el 4% son hornos túneles.

Los resultados de caracterización del talento humano se presentan en la figuras 16 a 18, las variables tenidas en cuenta fueron, representatividad de genero, nivel académico de los empleados del sector y densidad poblacional de las áreas de trabajo.

Figura 16. Representatividad del género en las empresas fabricantes de cerámica roja

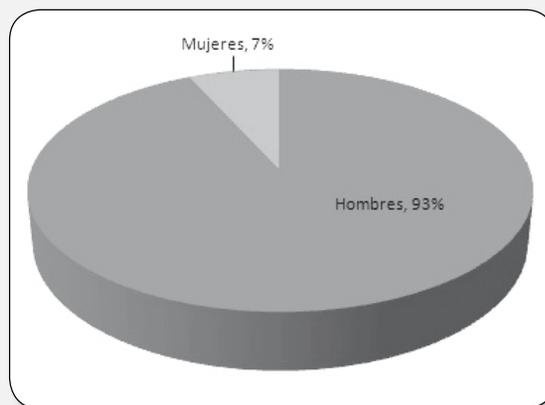


Figura 17. Nivel académico de los empleados que hacen parte de las empresas fabricantes de cerámica roja

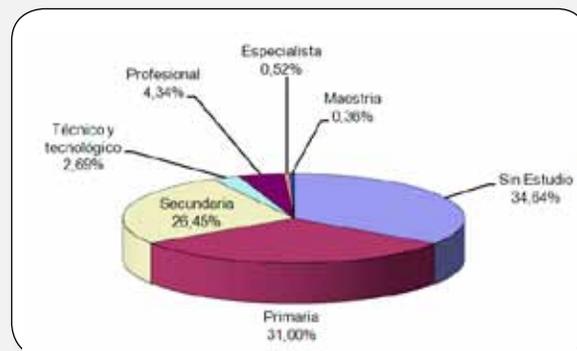


Figura 18. Densidad poblacional por secciones de trabajo



De las observación directa de los expertos se puede concluir que la mayor parte de la población que labora en estas empresas realiza actividades de gran esfuerzo físico (El 88% de los empleados están en el área de producción), las tareas son arduas y agotadoras, debido a las altas temperaturas a las que se ven expuestos los operarios, principalmente las cuadrillas de cargue-descargue de hornos y los encargados de la dosificación de carbón a las hornillas, también son afectados por la presencia de polvo y humos del proceso de combustión en los hornos.

De las figuras 16 a 18 se observa con claridad el predominio del género masculino con un 93% de la población, las mujeres realizan labores de apoyo administrativo en la mayoría de los casos, en los centros de producción realizan tareas de fabricación de productos decorativos y artesanales, esta circunstancia se da por la necesidad de grandes esfuerzos físicos en las actividades laborales más no por algún tipo de discriminación de género. Se evidencia que más de la mitad de la población que labora en el sector (65,6%) no sobrepasa el nivel de estudio de primaria, de igual modo el nivel de formación universitario que participa en el sector no supera el 8,0%, del cual la participación de personal a nivel de posgrado no alcanza a superar el 1,0%, dejando en evidencia la falta de capacidades para el desarrollo de nuevos productos y procesos de innovación que impacten en la competitividad del sector.

En materia de contratación laboral, se encontró que predomina la contratación a término fijo, la contratación directa se

da en la mayoría de los casos, seguida de la contratación por cooperativas, en menor grado se encuentra la contratación por obra realizada; estas dos últimas formas se dan principalmente en el área de producción para las empresas más pequeñas, en especial en actividades de cargue y descargue del material.

Otros aspectos que resultan de gran importancia y que permiten tener una mayor caracterización del sector fueron obtenidos del presidente de la Asociación de Industriales de la Arcilla de Norte de Santander, el cual expuso que “Las empresas en su conjunto generan aproximadamente 7.500 empleos directos, consumen de 17.000 a 25.000 toneladas mensuales de carbón, demandan servicios de transporte a diferentes destinos del mercado local, nacional y de exportación de aproximadamente 80.000 toneladas al mes, el sector genera a la economía regional unos ingresos cercanos a los \$25.600 miles de millones de pesos. El valor total de la mano de obra generado en las industrias del sector es de \$3.315 miles de millones de pesos por mes, dando aportes de seguridad social, parafiscales, fondos de cesantías y pensión, pueden alcanzar el \$1.755 miles de millones de pesos por mes aproximadamente. Sin mencionar el aporte de impuestos de industria y comercio, contribuciones para alumbrado público, aportes consumo de energía e impuesto al valor agregado IVA, impuesto al patrimonio y en general el sector es un importante generador de recursos que imprime a la región una importante dinámica económica y social.

## Conclusiones

La mayor parte de las empresas fabricantes de cerámica roja de la zona metropolitana de Cúcuta son pequeñas, de acuerdo a lo establecido en la ley 905 de 2004, le siguen en orden de importancia las medianas, micro y gran empresa. La producción de estas organizaciones esta destinada casi en su totalidad a la industria de la construcción, se estableció que gran parte de las empresas se conformaron en la última década, y una proporción significativa de estas, tienen

un único dueño. La mayor parte de estas organizaciones (70%) reciben ingresos mensuales inferiores a los 250 millones de pesos siendo mucho menor en comparación con las empresas españolas de tamaño pequeño, las principales razones se deben a mayores ventas y valor agregado de los productos españoles.

Los productos más elaborados por las empresas fabricantes de cerámica roja son: ladrillo perforado, bloque número 5, teja curva y plana, tableta vitrificada, tableta colonial y fachaletas; de los cuales la teja curva es la de mayor volumen de exportación, seguido de la teja plana y la tableta vitrificada. El método más empleado para el conformado de los productos cerámicos es la extrusión, el secado de las piezas en su mayor parte se lleva a cabo de manera natural, los hornos más comunes son los de llama invertida, conocidos como colmena con un 77 % de participación. Los sistemas automáticos son muy limitados, se puede afirmar que el nivel tecnológico de estas empresas es bajo en comparación con países como España e Italia, motivo por el cual está demostrado que los avances de las regiones más desarrolladas, están basadas en las capacidades que posea el recurso humano que lo conforma; estas tienen su pilar en el grado de formación académica que se ha adquirido. Por tanto, resulta de gran importancia para el sector cerámico del área metropolitana de Cúcuta; que las directivas de las diferentes organizaciones que conforman el gremio, las entidades académicas y gubernamentales regionales generen sinergia para la toma de medidas que conlleven a mejorar el nivel de formación académico del talento humano que labora en este sector tan importante para la economía de esta zona del país.

## Referencias Bibliográficas

[1]. JESKAR LTDA. Inventario geológico minero, ambiental, tecnológico y empresarial de los minerales no energéticos del Norte de Santander, San José de Cúcuta, junio de 2000.

- [2]. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Agenda interna para la productividad y competitividad de Norte de Santander. [En línea]. Tomado el 20 de Julio de 2011. Disponible en <http://www.mincomercio.gov.co/eContent/documentos/Competitividad/InsumosNortedeSantander.pdf>
- [3]. PROEXPORT COLOMBIA. Sistema de Información comercial. En línea, disponible en <<http://www.colombiatrade.com.co/herramientas>>
- [4]. GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍA CERÁMICA. Conformación e implementación del cluster de la cerámica de Norte de Santander. San José de Cúcuta, año 2008. Universidad Francisco de Paula Santander, Facultad de ciencias básicas.
- [5]. CALDERON ARTEAGA, Christian Hugo. Producción y comercialización del ladrillo [en línea]. [Tomado el 20 de noviembre de 2009]. Disponible en Internet <<http://www.monografias.com/trabajos14/ladrillocolomb/ladrillocolomb.shtml>>
- [6]. CARRILLO CÁRDENAS, Mónica y AREVALO MONROY, Iraní. Actualización de la información y puesta en marcha de una aplicación sistematizada para el sector cerámico del área metropolitana de san José de Cúcuta. Plan de estudios de Ingeniería de Producción Industrial. San José de Cúcuta. Universidad Francisco de Paula Santander. Facultad de Ingeniería. Año 2008.
- [7]. SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE, SENA. Centro Nacional Minero. Regional Boyacá. Caracterización Ocupacional Industria de la Arcilla. Julio de 2003.
- [8]. SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN DE MATERIALES CERÁMICOS SIMAC. Diagnóstico de la Situación Actual de los Chircales Artesanales

- del Área Metropolitana de Cúcuta. Universidad Francisco de Paula Santander, Facultad de Ciencias Básicas, Grupo de Investigación en Tecnología Cerámica GITEC, San José de Cúcuta, año 2004.
- [9]. BETANCUR Juan Pablo; GELVES DIAZ John Freddy. Diagnostico de los procesos de secado, cocción y manejo ambiental en las empresas productoras de tableta vidriada de la zona metropolitana de San José de Cúcuta. Trabajo de grado Ingeniería de producción industrial. Cúcuta. Universidad Francisco de Paula Santander, Facultad de ingenierías. Año 2006.
- [10]. PRATO CRUZ Elcy Joanna “Planteamiento de modelos productivos para la estandarización de los procesos de producción de las Mipymes del sector cerámico del área metropolitana de San José de Cúcuta”. Grupo de Investigación en Tecnología Cerámica GITEC. Universidad Francisco de Paula Santander, Facultad de Ciencias Básicas, Año 2008.
- [11]. FORNES RIVERA Manuel Y CANCINO RINCÓN Leonardo “Determinación del estado actual de la administración de talento humano en el sector cerámico de la ciudad de San José de Cúcuta y su área metropolitana”, Plan de estudios de Ingeniería de Producción Industrial. San José de Cúcuta. Universidad Francisco de Paula Santander. Facultad de Ingeniería, Año 2008.
- [12]. SANCHEZ MOLINA, Jorge. Diagnóstico general del sector cerámico del área metropolitana de Cúcuta. Grupo de Investigación en Tecnología Cerámica GITEC. San José de Cúcuta. Universidad Francisco de Paula Santander. Facultad de ciencias Básicas. Año 2009.
- [13]. SANCHEZMOLINA, Jorge. Estrategias para la competitividad del cluster de la cerámica del Área Metropolitana de Cúcuta. San Cristóbal, Venezuela, 2010. Universidad Nacional Experimental del Táchira. Decanato de posgrado, Maestría en Gerencia de Empresas, Mención Industria
- [14]. WEIERS, Ronald. Investigación de Mercados, editorial Prentice Hall, 1986.
- [15]. INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA. Arcilla, En línea, consultado el 25 de julio de 2011 en <<http://www.igme.es/internet/PanoramaMinero/actual/ARCILLAS09.pdf>>
- [16]. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE LADRILLOS Y TEJAS DE ARCILLA COCIDA. Datos del Sector 2009. En Línea disponible en <[http://www.hispalyt.es/estadistica.asp?id\\_rep=3315](http://www.hispalyt.es/estadistica.asp?id_rep=3315)>
- [17]. QUIBIT CLUSTER TECHNOLOGY BASED CONSORTIUM. Estrategia para la conformación de Cluster y plan estratégico para la cadena de cerámica en Cúcuta. Segundo informe. Bogotá D.C. 8 de noviembre de 2007.
- [18]. TORRES, David y SANCHEZ, Johan. Análisis del impacto socioeconómico del sector cerámico del Área Metropolitana de Cúcuta a raíz de la problemática actual de las relaciones bilaterales entre Colombia y Venezuela. Cúcuta, 2011. Trabajo de grado Ingeniero de producción industrial. Universidad Francisco de Paula Santander, Facultad de ingenierías.
- [19]. PUBLICA SOCIEDAD LIMITADA. Segmentación de los hornos empleados para fabricación de cerámica roja. Revista técnica cerámica No. 359, ISSN 0211-7290, 2007.

# Producción y caracterización de nuevos materiales multiferróicos basados en el sistema LCMO/BLZT



Jorge Andrés Cardona Vásquez<sup>2,3</sup> | María Elena Gómez<sup>2</sup> | David A. Landínez Téllez<sup>3</sup> | Jairo Roa Rojas<sup>3</sup>

Recibido:  
Julio 19 de 2012

Aceptado:  
Noviembre 28 de 2012

## Resumen

Reportamos los detalles de síntesis y caracterización estructural eléctrica y magnética del sistema multiferroico  $\text{Ba}_{0.9}\text{La}_{0.067}\text{Ti}_{0.91}\text{Zr}_{0.09}\text{O}_3 / \text{La}_{0.67}\text{Ca}_{0.33}\text{MnO}_3$ . Se han preparado mediante la técnica de reacción de estado sólido mezclas con diferentes porcentajes de masa de la manganita de lantano y calcio  $\text{La}_{0.67}\text{Ca}_{0.33}\text{MnO}_3$  (LCMO), en su fase ferromagnética, y el titanatozirconato de bario y lantano  $\text{Ba}_{0.9}\text{La}_{0.067}\text{Ti}_{0.91}\text{Zr}_{0.09}\text{O}_3$  (BLZT) el cual ha sido reportado como ferroeléctrico. Patrones de difracción de rayos X muestran que los materiales han reaccionado dando lugar a nuevos materiales con estructura tipo perovskita con simetría tetragonal, grupo espacial  $P4mm$  (#99), la estructura de los materiales fue refinada usando el método de Rietveld. Curvas de magnetización FC y ZFC muestran dos transiciones de fase, una de ellas por arriba de 200 K y la otra por debajo de 50 K, dichas transiciones han sido asociadas con dos diferentes regímenes magnéticos en los cuales se han medido curvas de histéresis confirmando que la relación entre el campo aplicado y la magnetización no tiene un comportamiento lineal. Medidas de espectroscopía de impedancias muestran un carácter ferroeléctrico con pérdida dieléctrica, comportamiento que es confirmado mediante curvas de polarización en los materiales sintetizados.

**Palabras clave:** Perovskitas, multiferróico, superparamagnetismo, refinamiento rietveld.

## Abstract

We report the details of synthesis and structural, electrical and magnetic characterization of  $\text{Ba}_{0.9}\text{La}_{0.067}\text{Ti}_{0.91}\text{Zr}_{0.09}\text{O}_3 / \text{La}_{0.67}\text{Ca}_{0.33}\text{MnO}_3$  multiferroic system. Were prepared by the solid state reaction technique, mixtures with different percentages of the mass of lanthanum calcium manganite  $\text{La}_{0.67}\text{Ca}_{0.33}\text{MnO}_3$  (LCMO) in its ferromagnetic phase, and barium-lanthanumzirconatetitanate,  $\text{Ba}_{0.9}\text{La}_{0.067}\text{Ti}_{0.91}\text{Zr}_{0.09}\text{O}_3$  (BLZT) which has been reported as ferroelectric. Patterns

<sup>1</sup>Este trabajo tuvo apoyos parciales de Colciencias, a través del Programa Jóvenes Investigadores e Innovadores “Virginia Gutiérrez de Pineda”.

<sup>2</sup>Grupo de Películas Delgadas, Departamento de Física, Universidad del Valle, Cali. Correo electrónico: Jacardonav@unal.edu.co

<sup>3</sup>Grupo de Física de Nuevos Materiales, Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá DC. Correo electrónico: Megomez@univalle.edu.co Dalandinez@unal.edu.co Jroar@unal.edu.co

of X-ray diffraction showed that the materials have reacted resulting in new materials perovskite like structure with P4mm (# 99) tetragonal symmetry space group. The structure of the material was refined using the Rietveld method. FC and ZFC magnetization curves show two phase transitions, one of them above 200 K and the other below 50 K, such transitions has been associated with two different magnetic regimes. Hysteresis curves measured confirm that the relationship between the applied field and the magnetization does not have a linear behavior. Impedance spectroscopy measurements show a ferroelectric character with dielectric loss, this behavior is confirmed by polarization curves performed in the synthesized materials.

**Keywords:** Perovskite, multiferroic, ferroelectric, superparamagnetism, rietveld refinement.

## 1. Introducción

Los materiales ferromagnéticos [1] se caracterizan, por estar compuestos de un gran número de dominios magnéticos en cuyo interior la magnetización a nivel microscópico está saturada. Sin embargo la dirección de magnetización en cada uno de los dominios no tiene por qué ser la misma provocando una magnetización macroscópica nula. Es necesario aplicar un campo magnético exterior para provocar la magnetización de la muestra y alcanzar la saturación, alineando la magnetización de todos los dominios. En muchos de los ferroeléctricos [2], en la fase paraeléctrica no existen dipolos eléctricos y por lo tanto la polarización es cero. Si aplicamos un campo eléctrico, las cargas en el material se desplazan de su posición de equilibrio y los momentos dipolares locales son creados. Los materiales ferroeléctricos se distinguen de los dieléctricos normales por sus altos valores de permitividad y porque después de aplicarse un voltaje determinado, tienen la posibilidad de retener en algún grado la polarización eléctrica una vez el campo se ha retirado.

Los materiales multiferróicos por su parte, son aquellos que exhiben simultáneamente

las dos propiedades antes mencionadas, es decir, ferromagnetismo y ferroelectricidad. Es posible producir este tipo de materiales siguiendo dos métodos, el primero es partir de una fase ferroeléctrica, la cual es dopada con un elemento con propiedades magnéticas para formar un nuevo compuesto con ambas propiedades. El segundo corresponde en fabricar un composito resultante de una mezcla, con presencia de fases independientes de un material ferroeléctrico y uno ferromagnético [3].

En nuestro trabajo hemos tomado como punto de partida al  $\text{Ba}_{0.9}\text{La}_{0.067}\text{Ti}_{0.91}\text{Zr}_{0.09}\text{O}_3 / \text{La}_{0.67}\text{Ca}_{0.33}\text{MnO}_3$  (BLZT), material ferroeléctrico estudiado actualmente como posible candidato para sustituir al  $\text{Pb}(\text{Ti},\text{Zr})\text{O}_3$  (PZT), gracias a sus altos valores de permitividad relativa sumado al hecho de ser un compuesto acorde a las actuales normativas ambientales al no incluir elementos pesados como el plomo en su estructura [2]. Para obtener la contribución ferromagnética en los materiales fabricados se ha utilizado la manganita de lantano y calcio  $\text{La}_{0.67}\text{Ca}_{0.33}\text{MnO}_3$  (LCMO) en su fase ferromagnética, a partir de estos dos materiales se han preparado mezclas homogéneas en diferentes porcentajes de masa, mediante la técnica de reacción de estado sólido.

## 2. Detalles Experimentales

Por el método de reacción de estado sólido convencional fueron sinterizados los compuestos LCMO y BLZT. Para la obtención de dichos compuestos, se partió de los óxidos precursores  $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$  y  $\text{TiO}_2$  de alta pureza (99.9%) disponibles comercialmente. Con el fin de evaluar el acople estructural y las propiedades magnetoeléctricas del sistema estudiado, se prepararon mezclas de los compuestos LCMO y BLZT en dos distintos porcentajes de masa (25% BLZT + 75% LCMO y 50% BLZT + 50% LCMO), pesando en balanza digital las cantidades necesarias para producir 1.5 g de cada configuración. A continuación nos referiremos a cada configuración indicando sus porcentajes es decir, 25% BLZT + 75% LCMO: 25-75 y 50% BLZT + 50% LCMO: 50-50.

Los materiales precursores (LCMO y BLZT), fueron molidos manualmente en un mortero de ágata y secados a  $160^\circ\text{C}$  durante dos horas y posteriormente pesadas las cantidades necesarias de cada compuesto para obtener los distintos porcentajes propuestos. Cada muestra se maceró hasta conseguir una mezcla homogénea (aproximadamente durante dos horas); los materiales en forma de polvo fueron prensados a  $5\text{ Ton/cm}^2$  usando una prensa hidráulica, las pastillas resultantes recibieron un tratamiento térmico a  $1150^\circ\text{C}$  durante doce horas buscando el acople entre las estructuras cristalinas.

Se hicieron medidas de Difracción de Rayos X usando la configuración Bragg-Brentano entre  $20^\circ$  y  $70^\circ$  usando un difractómetro Phillips PW1710 con ánodo de cobre ( $\text{Cu}_{K\alpha} = 1.54056\text{ \AA}$ ) con un paso de  $0,02^\circ$  y un tiempo por paso de 2 segundos. A partir de los patrones DRX obtenidos se realizó el refinamiento Rietveld de las estructuras cristalinas de los materiales iniciales (LCMO, BLZT) y de las diferentes configuraciones

del sistema LCMO/BLZT, utilizando los programas PowderCell2.4 y GSAS+EXPGUI [4, 5].

Las muestras en forma de pastillas fueron analizadas mediante microscopía electrónica de barrido, micrografías SEM, y los microanálisis EDX fueron obtenidos, usando un Microscopio FEI Quanta en modo de alto vacío. Dichos análisis fueron realizados a temperatura ambiente y para tal fin la configuración 50-50 fue metalizada con Oro-Paladio mediante Sputtering debido a su baja conductividad.

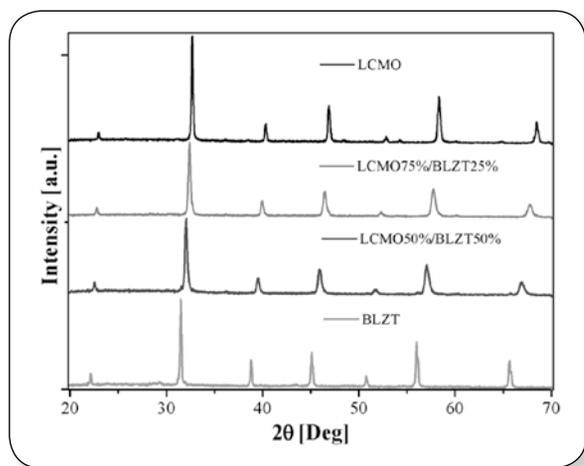
Sobre cada configuración se realizaron medidas de histéresis magnética, a 150 K y a 10 K y curvas Field Cooling y Zero Field Cooling, con un campo aplicado de 20 Oe, estas medidas de caracterización magnética se realizaron sobre el sistema LCMO/BLZT en forma de pastilla en el Sistema de Medida de Propiedades Físicas (PPMS). Complementariamente se aplicaron medidas de resistencia en función de temperatura realizadas sobre la configuración 25-75 utilizando el método de cuatro puntas para medir la resistencia de la muestra y calculando el valor de la resistividad mediante el modelo de Van Der Pauw. Debido a la alta resistividad de la configuración 50-50 no fue posible aplicar esta técnica sobre ella.

Para conocer la respuesta eléctrica del sistema se realizaron análisis por espectroscopia de impedancias. Esta medida fue aplicada al sistema LCMO/BLZT en forma de pastilla cilíndricas, utilizando una celda de acero inoxidable conectada a un sistema de electrodos controlado por el software GamryEchemAnalyst, en el cual se midió el espectro de impedancias de las dos configuraciones estudiadas en un rango de frecuencia de 10 MHz a 100 KHz. Además fueron realizadas medidas de polarización eléctrica sobre los materiales para verificar su carácter ferroeléctrico.

### 3. Resultados y Discusión

Medidas de difracción de rayos X efectuadas sobre los materiales precursores y los sintetizados a partir de estos, muestran reacción química entre los materiales precursores dando lugar a aleaciones como se observa en la figura 1.

Figura 1. Patrón de difracción de rayos X del sistema LCMO/BLZT.



Una forma en la que podríamos analizar la figura 1, sería asumir una correspondencia entre los picos de mayor intensidad para cada material. Teniendo en cuenta dicha correspondencia, podemos notar que para cada par de picos en los materiales precursores se genera un único pico en cada configuración del BLZT/LCMO ubicado en la region (2θ) intermedia de los picos de los precursores. Este hecho nos indica en primera instancia que los materiales precursores han reaccionado entre sí formando un material que presenta fase única, y podemos observar que los parámetros de red de estos nuevos materiales se ven afectados por el porcentaje de LCMO en la estructura.

Para el análisis de los materiales precursores se utilizó la información estructural reportada en la literatura, y utilizando las herramientas ofrecidas por el software PowderCell (PCW),

se determinaron las estructuras para los materiales obtenidos, asumiendo que estos habían reaccionado completamente manteniendo la estructura perovskita de los materiales originales, se realizó el cálculo estequiométrico de la ocupación atómica, teniendo en cuenta que el oxígeno debería tener una ocupación total de tres en su posición atómica para satisfacer la formula  $ABO_3$  de los óxidos con estructura perovskita, la ocupación total del catión B (Ti, Zr y Mn) sería uno mientras la ocupación del catión A (Ba, La y Ca) estaría por determinarse debido al deficit de La en el BLZT. A partir de las estructuras determinadas con el PCW y utilizando las ocupaciones calculadas mediante el modelo de perovskita ideal  $ABO_3$  se realizó el refinamiento Rietveld del sistema BLZT/LCMO utilizando el software GSAS+EXPGUI [4,5] mostrado en la figura 2. El refinamiento reveló una estructura tetragonal con grupo espacial  $P4mm$  (#99), los parámetros de red obtenidos y las posiciones atómicas obtenidas se muestran en las tablas 1 y 2 respectivamente.

Tabla 1. Parámetros de red del sistema LCMO/BLZT.

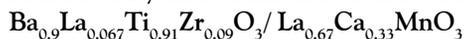
| Conf. | $\chi^2$ | $R_{wp}$ | a [Å±0.0001] | c [Å±0.0003] |
|-------|----------|----------|--------------|--------------|
| 50-50 | 1.48     | 10.74%   | 3.9622       | 3.9458       |
| 25-75 | 1.54     | 11.85%   | 3.9154       | 3.9189       |

$\chi^2$ =ajuste de bondad del refinamiento,  $R_{wp}$ =residuo del patrón pesado, a,b = constantes cristalográficas del material. 50-50 y 25-75 representan la proporción de LCMO/BLZT en el compuesto.

Tabla 2. Posiciones atómicas refinadas.

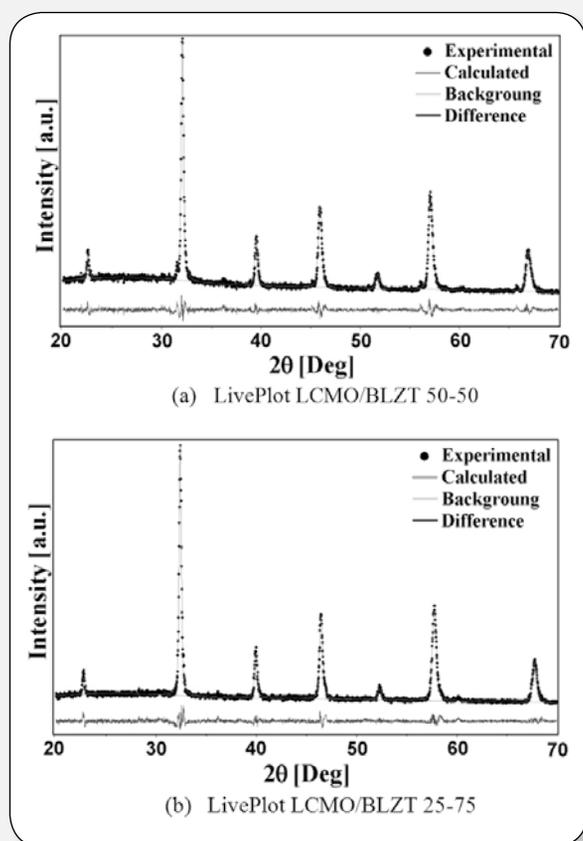
| Ión | Sitio (Mult) | x     | y     | z     | Ocup.  |        |
|-----|--------------|-------|-------|-------|--------|--------|
|     |              |       |       |       | 50-50  | 25-75  |
| Ba  | 1 a (1)      | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,4326 | 0,2775 |
| La  | 1 a (1)      | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,3752 | 0,4877 |
| Ca  | 1 a (1)      | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,1685 | 0,1500 |
| Ti  | 1 b (1)      | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,4362 | 0,1945 |
| Zr  | 1 b (1)      | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,0431 | 0,0212 |
| Mn  | 1 b (1)      | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,5194 | 0,7653 |
| O   | 2 c (2)      | 0,500 | 0,000 | 0,500 | 2,0010 | 1,9764 |
| O   | 1 b (1)      | 0,500 | 0,500 | 1,000 | 0,9863 | 1,0488 |

Ion=elemento químico, sitio=punto espacial ocupado por cada ion, x,y,z=posiciones de los átomos en la estructura con respecto a un sistema de coordenadas, Ocup = porcentaje del sitio de red que se encuentra ocupado por los iones del cristal, 50-50 y 25-75 representan la proporción de LCMO/BLZT en el compuesto.



Tras el refinamiento con GSAS presentado en la figura 2, se mantuvo el comportamiento observado por iteración con el PCW donde a mayor contenido de LCMO el parámetro de red del material, resultaba menor. Lo cual podemos asociar al aumento de la presencia del Mn en la estructura cristalina, dado que este es el elemento con menor radio atómico de todos los cationes presentes. Los valores para  $\chi^2$  en todos los casos nos permite pensar, que se ha realizado un buen ajuste [4].

**Figura 2.** LivePlot nos permite observar el difractograma experimental, el calculado y la curva de diferencia alcanzada después de una serie de ciclos de refinamiento.



Como había mostrado el análisis de los patrones de Rayos X, a partir de las imágenes SEM podemos confirmar que los materiales del sistema estudiado han reaccionado entre sí, formando un nuevo material para cada configuración, como se observa en las figuras 3 y 4. En las micrografías observamos la presencia de materiales con fase única cada uno de ellos, ya que no observamos diferencia

entre la fase conductora y la dieléctrica que caracterizan a los compuestos LCMO y BLZT respectivamente. Esta diferencia se observaría en las micrografías, como un cambio de color entre las fases, más oscuro para el conductor y más claro para el aislante. A pesar de que en las imágenes podemos notar zonas oscuras, éstas obedecen a la presencia de espacios vacíos (huecos en la imagen morfológica) y no a una fase minoritaria conductora, como lo muestra el análisis con la sonda EDX.

En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos por el microanálisis EDX (%<sub>EDX</sub>) sobre las muestras de BLZT/LCMO, estos confirman el hecho de que actualmente nos encontramos estudiando tres materiales con una composición química similar mas no igual, que presentan una única fase, dado que, tras realizar la inspección en distintos sectores de cada muestra, con la sonda EDX encontramos composiciones homogéneas (la columna Desv muestra la desviación en la composición de los diferentes puntos analizados) para cada configuración. También se muestra a modo de comparación los valores calculados (%<sub>Calc</sub>) siguiendo la hipótesis de una estructura tipo perovskita ideal usada para el análisis por difracción de Rayos X.

**Tabla 3.** Comparación entre el Porcentaje en Peso medido por la sonda EDX (%<sub>EDX</sub>) y el calculado mediante el modelo de perovskita ideal ABO<sub>3</sub> (%<sub>Calc</sub>) para la el sistema LCMO/BLZT.

| Con-fig    | 50-50                |                     |      | 25-75                |                     |      |
|------------|----------------------|---------------------|------|----------------------|---------------------|------|
|            | (% <sub>Calc</sub> ) | (% <sub>EDX</sub> ) | Desv | (% <sub>Calc</sub> ) | (% <sub>EDX</sub> ) | Desv |
| <b>Ion</b> |                      |                     |      |                      |                     |      |
| <b>Ba</b>  | 26.90                | 33.15               | 3.61 | 13.53                | 8.85                | 0.64 |
| <b>La</b>  | 23.90                | 21.94               | 4.12 | 34.05                | 37.08               | 4.31 |
| <b>Ca</b>  | 3.16                 | 2.23                | 0.24 | 4.77                 | 3.64                | 0.34 |
| <b>Ti</b>  | 9.49                 | 10.06               | 0.52 | 4.77                 | 7.10                | 0.48 |
| <b>Zr</b>  | 1.79                 | 4.73                | 0.71 | 0.90                 | 3.02                | 0.71 |
| <b>Mn</b>  | 12.98                | 13.36               | 1.23 | 19.60                | 20.45               | 2.34 |
| <b>O</b>   | 21.79                | 15.22               | 1.36 | 22.38                | 19.23               | 2.18 |

(%Calc)=porcentaje de cada uno de los iones que debe haber en la muestra determinado a partir de la estequiometría de la fórmula química del compuesto, (%EDX)=porcentaje de cada uno de los iones que hay en la muestra determinado experimentalmente mediante dispersión de rayos X por electrones, Desv=error obtenido al comparar los resultados teórico y experimental.



A pesar de que la concordancia entre los valores calculados y los valores obtenidos no es tan buena como quisiéramos, se puede verificar que el modelo seguido anteriormente nos brindaba una aproximación, que teniendo en cuenta los resultados del refinamiento, podemos aceptar como buena, teniendo en cuenta, además, que entre Ba, La y Ti existe una gran dificultad para resolverlos usando esta técnica, ya que la diferencia entre las líneas  $\text{Ba}_L$  (4.465 eV),  $\text{Ti}_K$  (4.510 eV) y  $\text{La}_L$  (4.650 eV) es muy pequeña comparada con la resolución del equipo (0.3 eV), lo que pudo introducir error dentro del cálculo realizado por el software controlador del sistema de medida, además de la dificultad del mismo para detectar elementos livianos (Oxígeno) donde el error puede llegar hasta un 30%, mientras para los demás elementos se encuentra entre el 5% y el 10% [6].

Los resultados obtenidos para cada configuración mediante la técnica de microscopía se muestran en las figuras 3 y 4, respectivamente. En las imágenes 3(a), 3(b), 4(a) y 4(b) puede observarse la homogeneidad mencionada anteriormente, las figuras 3(c) y 4(c) muestran la presencia de cada ion constituyente, estas imágenes corresponden a los resultados mostrados en las tablas 3.

Figura 3. Resultados microscopía electrónica de barrido configuración 50-50.

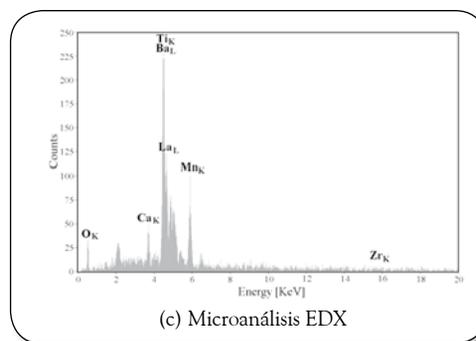
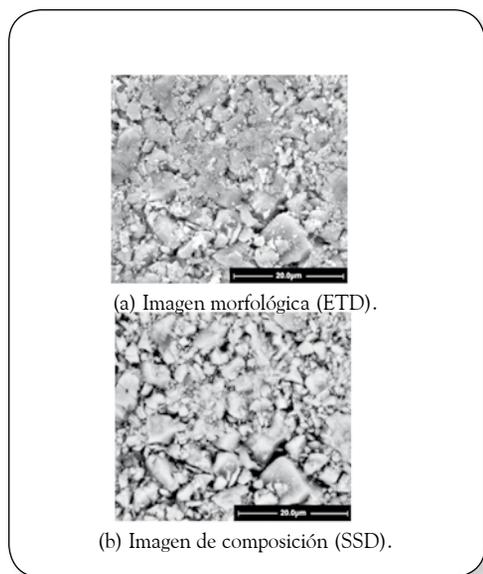
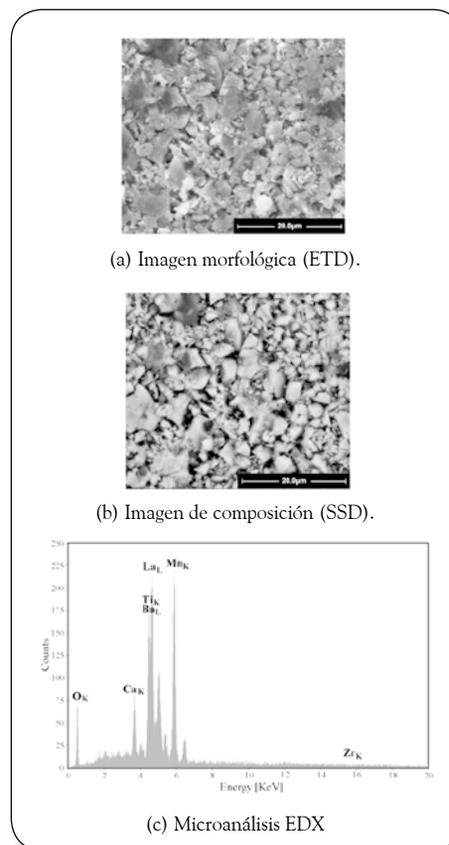


Figura 4. Resultados microscopía electrónica de barrido configuración 25-75.



Para la caracterización magnética de los materiales obtenidos, se realizaron medidas de magnetización en función de la temperatura FC y ZFC usando el sistema de medida de propiedades físicas PPMS. Las curvas de magnetización fueron medidas durante la elevación de temperatura con un campo magnético aplicado de 20 Oe. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 5. Es importante señalar que la escala de las gráficas es diferente, ya que estas muestran el comportamiento magnético para cada muestra, evidenciando que hay alrededor de un orden

de magnitud entre las dos configuraciones, siendo mayor la magnetización para la configuración con mayor concentración de manganita, como era de esperarse, al ser este compuesto el responsable de la respuesta magnética del material.

En las curvas de magnetización FC y ZFC (Figura 5) se pueden observar claramente dos zonas donde la magnetización cambia considerablemente. Estas variaciones las podemos asociar con dos transiciones de fase, la primera de estas transiciones por encima de los 200 K temperatura cercana a la temperatura de transición PM-FM de la manganita en bloque ( $T_c \sim 251:02K$ ) [1], esto nos permite pensar, que estos nuevos materiales cuyo punto de partida, fue la mencionada manganita, presentan en esta región de temperatura una transición de fase de naturaleza similar; para verificar si el comportamiento de estos materiales se ajusta al modelo de Curie-Weiss, se graficó el inverso de la susceptibilidad magnética  $\chi^{-1}$  en función de la temperatura en la región de interés obteniendo los ajustes mostrados en la figura 6.

Figura 5. Magnetización en función de la temperatura para el sistema LCMO/BLZT, con un campo aplicado de 20 Oe.

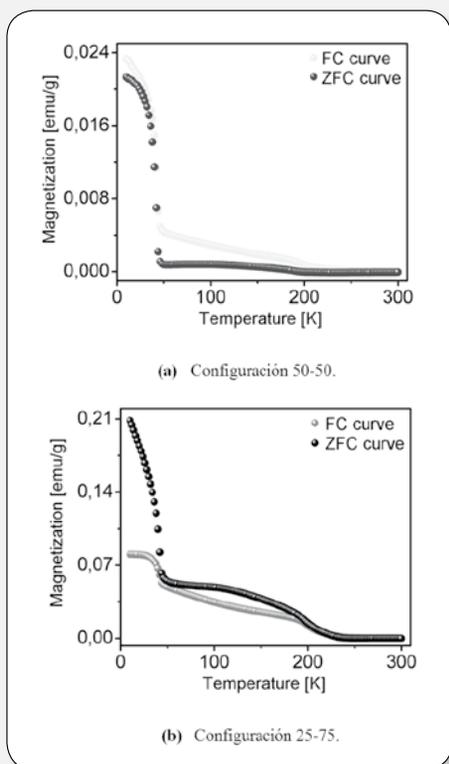
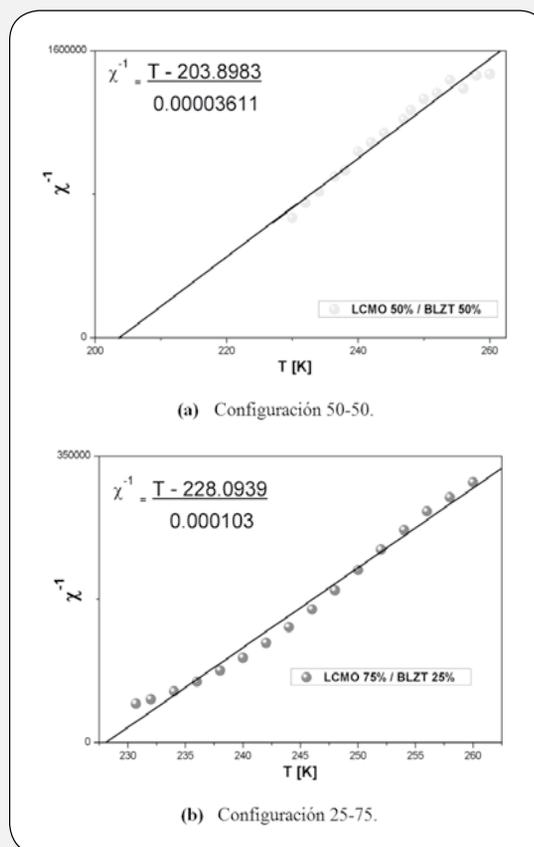


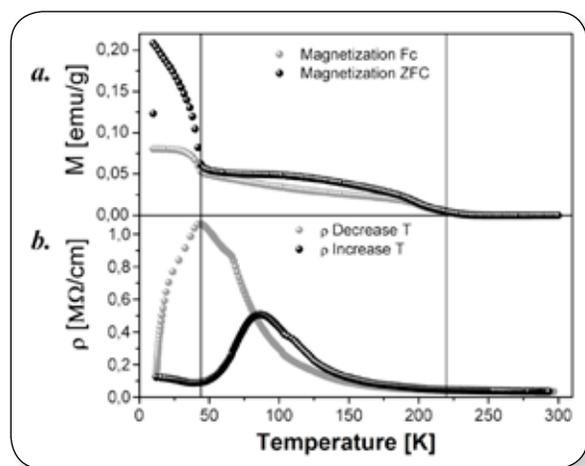
Figura 6. Ajuste al modelo de Curie Weiss para el sistema LCMO/BLZT



En la figura 5 puede notarse una marcada variación en las curvas de magnetización FC y ZFC para las dos configuraciones en la región de bajas temperaturas ( $T < 50 K$ ). Esta variación tiene lugar en ambas configuraciones en un intervalo de temperaturas de 20 a 50 K coincidiendo el punto máximo de estas curvas alrededor de  $T \sim 42.25 K$ . Esta segunda transición la relacionamos con los resultados de una medida de resistencia en función de la temperatura, realizada sobre la configuración 25-75 (sobre la otra configuración no fue posible realizar medidas de este tipo debido a su alta resistencia) donde también se pueden observar dos transiciones de fase a temperaturas cercanas a las observadas en las medidas de magnetización. En la figura 7b se observa la curva de resistividad en función de la temperatura donde puede verse la primera transición de fase como un brusco aumento de la resistividad del material que pasa del orden de los  $K\Omega$  a los  $M\Omega$ , por otra parte puede observarse una región de alta resistividad

comprendida entre las temperaturas de las dos transiciones observadas en las curvas de magnetización (Figura 7a), es decir, esta región de alta resistividad coincide con la región de la curva de magnetización de la misma configuración (25-75) en la cual se observa un aumento en la magnetización asociado a la primera transición a 228,09 K, en esta región, la magnetización aumenta lentamente hasta la temperatura de la segunda transición de fase a 42,25 K donde crece abruptamente.

Figura 7. Comparación entre la magnetización y la resistividad en función de la temperatura



Lynn et al [7] estudiaron la transición de fase en  $\text{La}_{0.67}\text{Ca}_{0.33}\text{MnO}_3$  y encontraron que la transición FM-PM no ocurre de manera continua, como en una transición de segundo orden, sino que se produce de forma abrupta, dando lugar a una transición de fase de primer orden. Estos resultados pueden ser interpretados considerando un sistema no homogéneo, formado por dos fases. La fase estable a baja temperatura es FM con conductividad metálica, mientras que a alta temperatura predomina una fase PM semiconductor. Al aumentar la temperatura y acercarnos a  $T_c$ , la fracción de esas dos fases varía a medida que la fase FM se convierte en PM de forma discontinua [7].

En las curvas de resistividad en función de la temperatura para la configuración 25-75, el comportamiento es muy diferente, ya

que la resistividad del material en lugar de caer, aumenta inicialmente de forma lenta y luego abruptamente pasando de los  $\text{K}\Omega\cdot\text{cm}$  a temperaturas cercanas al ambiente hasta los  $\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$  a bajas temperaturas, lo cual nos lleva a pensar, que el estado al que pasa el material tras experimentar esta transición no presenta una conductividad metálica, y el mecanismo por el cual se aumenta la magnetización en esta región no es precisamente de carácter ferromagnético, sino más bien un estado superparamagnético que puede asociarse a la presencia del Mn en los compuestos. Ya que el manganeso es un metal de transición que exhibe una estructura cristalina compleja ( $\alpha\text{-Mn}$ ) con ordenamiento antiferromagnético. Debido a sus orbitales atómicos cerrados 4s, la molécula de  $\text{Mn}_2$  está enlazada por medio de una interacción de Van der Waals y tiene una distancia interatómica grande, pero convenientemente, también exhibe un comportamiento antiferromagnético [7].

Una de las condiciones necesarias para la existencia del superparamagnetismo es un tamaño de grano inferior a 30 nm, dichos tamaños de grano, no son posibles de obtener a partir del método de síntesis utilizado para estos materiales. Pero existe la posibilidad de que la disposición de los átomos de Mn en los materiales pueda causar este comportamiento, siguiendo un modelo similar a una dilución de clusters magnéticos (clusters de Mn) en un medio no magnético (matriz ferroeléctrica de BLZT). De esta forma, obtendríamos una magnetización, diferente de cero para el material, aunque más baja que la que experimenta tras la segunda transición que ocurre al continuar enfriando el sistema al pasar al estado en el cual su resistividad cae, cumpliendo así con el hecho de tener conducción metálica, y de esta manera observando un comportamiento ferromagnético que podríamos interpretar como el estado superparamagnético bloqueado. Recordemos que en los materiales superparamagnéticos, la temperatura de bloqueo  $T_b$  es la temperatura por debajo de la cual, se hacen detectables propiedades cuasiestáticas como en los sistemas

magnéticamente ordenados. La temperatura de bloqueo sería entonces  $T_b = 42,25$  K, temperatura a la que se observa la segunda transición de fase del sistema.

En la figura 7 se puede notar la fuerte influencia de la temperatura, tanto en el comportamiento magnético como en el comportamiento eléctrico, por debajo de  $T_b$ . En las curvas FC y ZFC esperaríamos observar un mayor valor para la magnetización FC que para la ZFC cuando  $T \sim 0$ , bajo la idea de que al bajar la temperatura en presencia del campo, esto favorecería la alineación de los spines en la dirección del campo generando un mayor valor de magnetización que al activar el campo después de haber bajado la temperatura, y en las medidas de resistividad podría esperarse que al comenzar a elevarse la temperatura, el valor de la resistividad empezará a aumentar también. Estas dos situaciones no se observan en las curvas mostradas en la figura 7, por el contrario, se observa que la magnetización ZFC tiene un valor más alto que la FC y en la curva de resistividad la resistividad sigue descendiendo al empezar a elevar la temperatura, hasta llegar a  $T_b$  donde los valores para las magnetizaciones FC y ZFC llegan casi a igualarse. Este hecho nos permite pensar, que la temperatura juega un papel fundamental en las propiedades magnetoeléctricas del sistema, generando un fuerte ordenamiento en los clusters magnéticos del material de tal forma que al activar el campo, este responde con mayor facilidad que cuando el ordenamiento magnético ha sido generado inicialmente por el campo. Podemos pensar además que dicho ordenamiento favorece la conducción eléctrica en el material, oponiéndose a la agitación térmica lo que hace que la resistividad continúe descendiendo hasta alcanzar la temperatura de bloqueo donde se rompe la fuerte coordinación entre los clusters magnéticos.

El análisis de las curvas de la figura 7, nos permite pensar en la existencia de acople magnetoeléctrico en este material entre 42.25 K y 208.09 K, ya que en dicho intervalo el material muestra un carácter

magnético con  $M \neq 0$  manteniendo una alta resistividad, requisito necesario para la magnetoelectricidad [3], por lo que podríamos asociarlo con la posibilidad de que el material posea propiedades dieléctricas (ferroeléctricas) que mediadas por el efecto de la temperatura y el acople entre los clusters magnéticos nos permitan manipular la respuesta eléctrica mediante campos magnéticos o de manera inversa.

Para la configuración 50-50 podría esperarse un comportamiento similar como la configuración 25-75 ya que el comportamiento magnético de estas configuraciones es bastante similar, variando en la magnitud de la respuesta de la magnetización debido a la disminución en la concentración de Mn en el material, y recordemos que es a este elemento al que le asociamos la respuesta magnética (Superparamagnético y Ferromagnética) por lo cual podemos pensar en una menor cantidad de clusters interactuando entre si para dar lugar a una respuesta magnética mayor. Los parámetros magnéticos son presentados en la tabla 4.

Para observar y comparar el comportamiento magnético del sistema en los dos regímenes magnéticos antes mencionados, se realizaron medidas de histéresis magnética sobre las dos configuraciones del sistema LCMO/BLZT a 10 K y a 150 K, obteniendo los resultados que se muestran en las figuras 8 y 9. En las imágenes se puede notar que hay histéresis, los campos coercitivos y magnetizaciones remanentes se determinaron por extrapolación. En las curvas se observa un comportamiento ferromagnético bastante claro a 10 K, mientras a 150 K puede observarse también que el comportamiento de los materiales no es el paramagnético, sino un estado donde la magnetización del material depende de la historia del mismo como sucede en el ferromagnetismo, pero con una memoria magnética más corta, es decir, los materiales pierden con mayor facilidad la magnetización al invertir el campo mostrando una curva de histéresis mucho más cerrada en comparación con las mismas curvas medidas a 10 K. Las



curvas de histéresis mostradas en las figuras 8 y 9 dan clara evidencia de la existencia de un ordenamiento magnético en los materiales sintetizados.

Figura 8. M en función de H para el sistema LCMO/BLZT a 10 K.

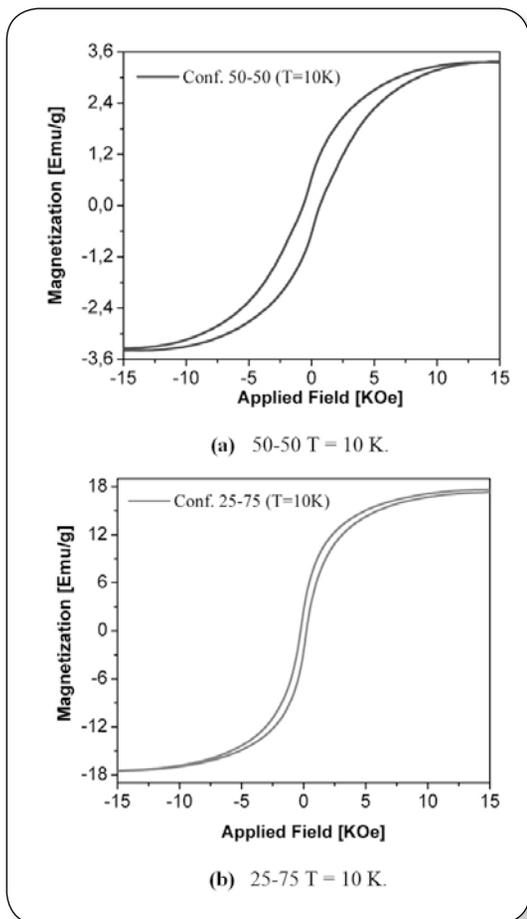


Figura 9. M en función de H para el sistema LCMO/BLZT a 150 K.

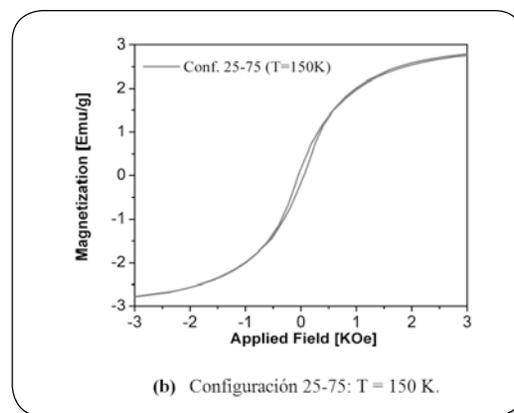
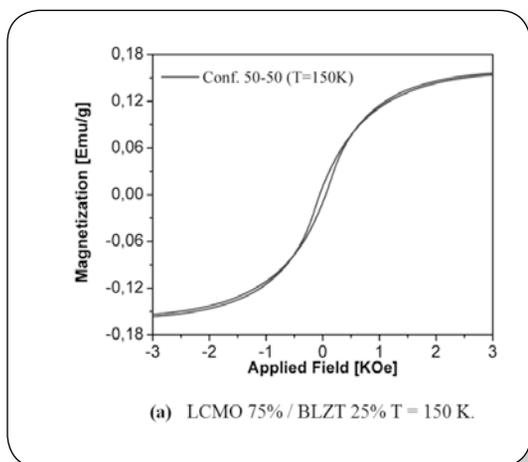


Tabla 4. Caracterización magnética del sistema BLZT/LCMO.

| Conf.         | 50-50  |         | 25-75  |         |
|---------------|--------|---------|--------|---------|
|               | T =10K | T =150K | T =10K | T =150K |
| Var.          |        |         |        |         |
| $M_s$ [emu/g] | 3.38   | 0.16    | 17.17  | 2.78    |
| $M_r$ [emu/g] | 0.52   | 0.02    | 2.46   | 0.18    |
| $H_c$ [Oe]    | 624.45 | 64.21   | 237.12 | 51.74   |
| $m_{eff}$     | 0.13   | 0.01    | 0.66   | 0.09    |

Var.=parámetro magnético en estudio,  $M_s$ =magnetización de saturación,  $M_r$ [emu/g]=magnetización remanente,  $H_c$ =campo coercitivo,  $\mu_{eff}$ =momento magnético efectivo, T=temperatura. 50-50 y 25-75 representan la proporción de LCMO/BLZT en el compuesto.

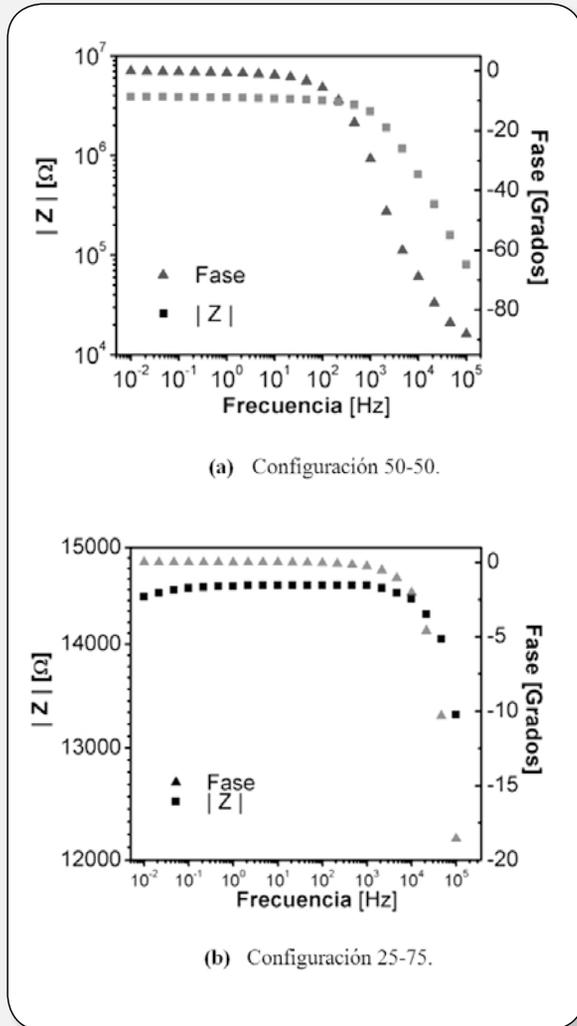
En la búsqueda de información acerca del comportamiento eléctrico de los materiales sintetizados, se realizaron medidas de espectroscopía de impedancias sobre los mismos, los resultados obtenidos mediante esta técnica se muestran en la figura 10. Por otra parte, para constatar el carácter ferroeléctrico de los materiales estudiados, se calcularon los valores de permitividad relativa ( $\epsilon'$ ) y el factor de pérdida del dieléctrico ( $\tan \delta = \epsilon'' / \epsilon'$ ) para una frecuencia de 100 KHz. Se calcula el valor de permitividad para esta frecuencia ya que de acuerdo con la literatura [5], a bajas frecuencia se tendrían en cuenta contribuciones a la polarización del material por parte de otros mecanismos que no son relevantes para este estudio.

Tabla 5. Comportamiento de la permitividad en el sistema LCMO/BLZT.

| Configuración | Permitividad eléctrica | Factor de pérdida dieléctrico |
|---------------|------------------------|-------------------------------|
| 50-50         | $\epsilon' = 53.8$     | $\tan \delta = 0.03$          |
| 25-75         | $\epsilon' = 119.2$    | $\tan \delta = 2.98$          |

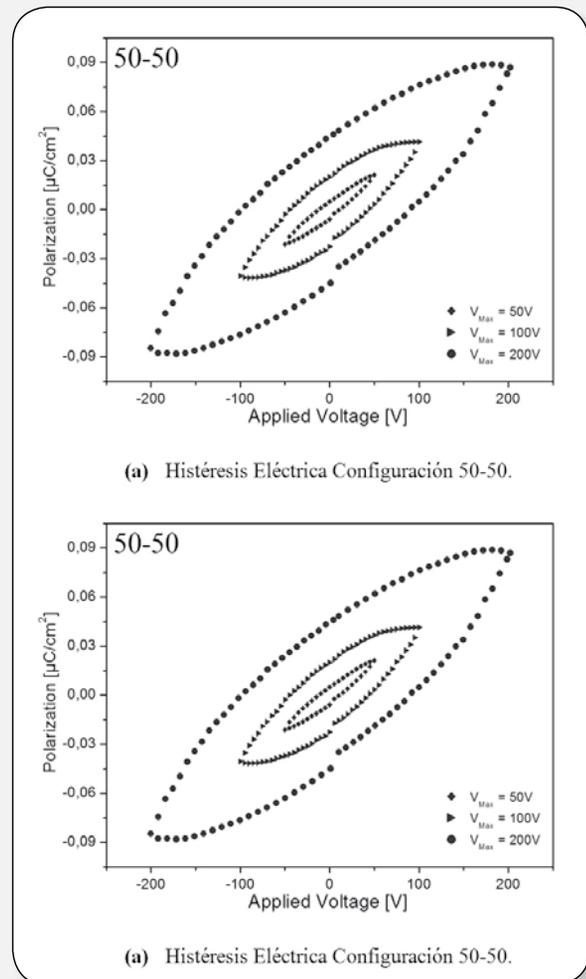
50-50 y 25-75 representan la proporción de LCMO/BLZT en el compuesto

Figura 10. Diagrama de Bode, Impedancia (amplitud y fase) como función de la frecuencia para el sistema LCMO/BLZT.



Podemos observar que ambos materiales presentan altos valores de permitividad relativa, confirmando su carácter ferroeléctrico, más al observar los valores obtenidos para el factor de pérdida dieléctrica podemos notar una gran ventaja por parte de la configuración con igual contenido de ferroeléctrico y ferromagnético. Este resultado, lo podemos asociar con el hecho de que este material sea mas resistivo (aislante) mientras la configuración con mayor contenido de LCMO tiene una impedancia de varios ordenes de magnitud menor, siendo esta diferencia en la conductividad la que podría generar este elevado valor para factor de pérdida dieléctrica.

Figura 11. Curvas de polarización en función del voltaje aplicado.



En la figura 11 se confirma lo expuesto en la tabla 5, donde observamos valores de permitividad relativamas elevados para la configuración 25-75, lo que se nota comparando a y b en la figura 11 donde para la configuración mencionada, los valores de polarización son más elevados, pero también se puede evidenciar el comportamiento que muestra la tercera columna de la tabla 5 donde el factor de pérdida dieléctrica de esta configuración es dos órdenes de magnitud mayor lo que se observa en los extremos de la curva mostrada en la figura 11 b, donde podemos notar que al empezar a disminuir el voltaje, la polarización sigue aumentando, esto lo podemos asociar con corrientes que logran atravesar el material generando valores de polarización que no corresponden

propiamente al carácter ferroeléctrico del material, mientras en la configuración 50-50 se observa que dicha pérdida es menor, en concordancia con el pequeño valor de pérdida dieléctrica mostrado en la tabla 5.

## Conclusiones

Se han producido nuevos materiales a partir del sistema LCMO/BLZT cuya caracterización estructural revela una estructura de perovskitas de alta simetría con grupo espacial  $P4mm$ .

Se han obtenido materiales multiferróicos en los que puede observarse características magnéticas y eléctricas que pueden asociarse con ferroelectricidad en los materiales.

Es posible que exista acople magnetoeléctrico en los materiales a temperaturas por debajo de la temperatura ambiente, gracias a su carácter ferromagnético asociado a la alta resistividad de los mismos.

## Referencias bibliográficas

- [1] G. Campillo, A. Hoffmann, M. E. Gómez, P. Prieto. *Revista Colombiana de Física*, Vol. 37, No. 1. 2005.
- [2] C. Ostos, M. L. Martínez-Sarrión, L. Mestres, P. Prieto, A. Cortés, E. Delgado. *Revista Colombiana de Física*, Vol. 38, No. 3. 2006.
- [3] W. Eerenstein, N. D. Mathur, J. F. Scott,.: *Nature* 442, 759 (2006)
- [4] A.C. Larson and R.B. Von Dreele, "General Structure Analysis System (GSAS)", Los Alamos National Laboratory Report LAUR 86-748 (2000).
- [5] B. H. Toby, EXPGUI, a graphical user interface for GSAS, *J. Appl. Cryst.* 34, 210-213 (2001).
- [6] A.J.Garratt-Reed, D.C.Bell. *Energy-Dispersive X-Ray Analysis in the Electron Microscope*. Taylor & Francis e-Library, 2005.
- [7] J. W. Lynn, R. W. Erwin, J. A. Borchers, Q. Huang, A. Santoro, J-L. Peng, Z. Y. Li. *Phys. Rev. Lett.* 21, 4046 (1996).

# Variación de las propiedades térmicas de polvos de carbón en función de la humedad y la distribución del tamaño de grano<sup>1</sup>

Jorge Hernando Bautista Ruiz<sup>2</sup>

William Aperador Chaparro<sup>3</sup>

Aura Sofía Mejía<sup>4</sup>

Recibido:  
Junio 4 de 2012

Aceptado:  
Noviembre 16 de 2012

<sup>1</sup>Esta investigación fue financiada por el Fondo de Investigaciones Universitarias -FINU - de la Universidad Francisco de Paula Santander en el marco del desarrollo de proyecto Efecto de la presión de compactación en las propiedades termofísicas de polvos de carbón. Contrato 006 de 2009.

<sup>2</sup>Licenciado en Física y Matemáticas, UPTC. Magister en Metalurgia y Ciencia de los Materiales, UPTC. Doctor (candidato) en Ingeniería: Ciencia y Tecnología de Materiales, Universidad Nacional de Colombia. Docente – investigador Universidad Francisco de Paula Santander. San José de Cúcuta, Colombia. Correo electrónico: jorgebautista@ufps.edu.co.

<sup>3</sup>Físico, UPTC. Magister en Metalurgia y Ciencia de los Materiales, UPTC. Doctor en Ingeniería de los Materiales, Universidad del Valle. Docente – investigador Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: william.aperador@unimilitar.edu.co.

<sup>4</sup>Físico, UNAL. Magister en Física, Universidad Nacional de Colombia. Docente – investigador Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito". Bogotá, Colombia. Correo electrónico: aura.morales@escuelaing.edu.co

## Resumen

El propósito de este trabajo fue determinar el efecto de la cantidad de agua en las propiedades termofísicas de muestras de polvo de carbón con diferentes granulometrías. Se reporta el calor específico por unidad de volumen ( $\rho c$ ) y la conductividad térmica ( $k$ ) a temperatura ambiente de polvos de carbón térmico al agregarles agua entre el 5% y 50%, porcentaje peso (%wt). Las muestras fueron obtenidas de la mina Cerro Tasajero ubicada en el área metropolitana de Cúcuta, pulverizadas utilizando molino de rodillos y tamizados en malla pasante números 30 ( $595\mu\text{m}$ ), 50 ( $297\mu\text{m}$ ) y 100 ( $149\mu\text{m}$ ). Las propiedades termofísicas se determinaron aplicando el principio físico de flujo lineal transitorio de calor mediante el sistema KD2. El análisis de  $k$  y  $\rho c$  se realizó ajustando los datos experimentales a una función logística del tipo  $y = \frac{A_1 - A_2}{[1 - (x/x_0)^n]} + A_2$ . Se encontró que las propiedades termofísicas mejoran al aumentar el porcentaje de agua agregado a las muestras y al disminuir el tamaño de grano de los polvos de carbón.

**Palabras clave:** carbón, distribución de tamaño de grano, función logística, granulometría, KD2, propiedades térmicas.

## Abstract

The aim of this study was to determine the effect of water on the thermophysical properties of specimens of coal powder. We report the specific heat per unit volume ( $\rho c$ ) and thermal conductivity ( $k$ ) at room temperature of thermal coal powder when adding water between 5% and 50%, weight percent (wt%). Specimens were obtained from the Cerro Tasajero mine located in Cucuta, pulverized using a roller mill and sieved through-mesh numbers 30 ( $595\mu\text{m}$ ), 50 ( $297\mu\text{m}$ ) and 100 ( $149\mu\text{m}$ ). The thermophysical properties were determined using the physical principle of linear transient heat flow through the system KD2. The analysis of  $k$  and  $\rho c$ , was performed by fitting the experimental data to a logistic function  $y = \frac{A_1 - A_2}{[1 - (x/x_0)^n]} + A_2$ . It was found that the thermophysical properties improved by

*increasing the percentage of water added to the samples and by decreasing the grain size of coal powder.*

**Keywords:** coal, grain size distribution, KD2, logistic function, thermal properties.

## 1. Introducción

La formación del carbón ha sido descrita como “una ineficiencia en el ciclo del carbono”, [1], cuando el carbono de las plantas se mantiene en los sedimentos terrestres y no se recicla a la atmósfera [2]. El carbón es, por definición, una roca fácilmente combustible que contiene más del 50% en peso y 70% en volumen de material carbonoso [3]. Otra definición describe el carbón como combustible sólido, por lo general estratificada, que se originó a partir de la acumulación, el enterramiento, y la compactación de la vegetación parcialmente descompuesta en las anteriores eras geológicas [4].

El carbón ha sido utilizado por más de 3000 años, en China, en Europa en la edad de bronce, y por indios de las llanuras en los Estados Unidos [1,5]. Durante la edad media, el uso del carbón se hizo más común en hornos y fábricas de cerveza, así como en la calefacción doméstica [6]. En 1850, el carbón se utilizó como combustible para la máquina de vapor y se convirtió en la principal fuente de energía hasta 1950 cuando fue superado por el petróleo para su uso en automóviles y por el gas natural para calefacción [1]. Desde 1984, el carbón ha producido alrededor de una tercera parte de la energía consumida en los Estados Unidos [6]. El 92% del carbón extraído en los Estados Unidos es utilizado para producir más del 50% de electricidad [7]. Las proyecciones del Departamento de Energía de EE.UU. indican un incremento en el consumo de carbón a medida que aumenta la demanda de electricidad [8]. El carbón es un combustible fósil con grandes reservas repartidas a nivel

global. Actualmente el carbón es la mayor fuente de energía primaria utilizada en plantas termoeléctricas, la industria siderúrgica, así como fuente de combustión en los procesos de quema o cocción de productos cerámicos tradicionales como ladrillos, tejas y baldosas [9-11].

A partir de 2005, el consumo mundial de carbón fue 5883 millones de toneladas (MT) de las cuales China consumió 2339 MT, los Estados Unidos 1086 MT e India 493 MT [8]. El consumo mundial de carbón se proyecta un crecimiento de 2,5% por año a 9583 MT [7]. A pesar de los problemas ambientales asociados con el uso del carbón de minería (drenaje de ácidos, incendios, las emisiones de gases de efecto invernadero, la contaminación del aire, etc), parece que el carbón seguirá siendo una fuente importante de energía para el futuro [1]. El bajo costo y la disponibilidad del carbón permitirá por muchos años utilizarlo como combustible o fuente de energía especialmente en los países en vía de desarrollo [12].

Mientras que los precios de las materias primas como el petróleo muestran grandes fluctuaciones, los precios del carbón han sido relativamente estables [13]. Además, debido a las reservas de carbón a nivel mundial, probablemente el carbón será una fuente de energía clave para el futuro previsible [13]. De acuerdo con un informe de la Administración de Energía de Estados Unidos, la cantidad de carbón que se consume en todo el mundo se estima que alcanzará 206,3 billones de toneladas en 2035 [14]. En los Estados Unidos, aproximadamente el 90% del carbón se utiliza para la producción de energía a través de la combustión del carbón [13].

Colombia, tiene concentradas sus reservas carboníferas y su explotación en la Costa Atlántica y en el interior del país. De dichas zonas se conocen a nivel nacional siete regiones productoras de carbón, las cuales poseen cerca del 95% de las reservas totales conocidas. Estas regiones comprenden los departamentos de La Guajira, Cesar, Córdoba, Santander, Cundinamarca, Boyacá, Antioquia, Valle del Cauca y Norte de Santander [15]. Sobresalen las zonas de Norte de Santander, Cundinamarca y Boyacá por poseer las mayores reservas de carbón metalúrgico y térmico para el consumo nacional y de exportación, con un nivel de producción durante el 2004 de 3,4 MT. La producción total de carbón en el país registró un crecimiento permanente durante el periodo de estudio, representando aumentos notorios del orden de 17 MT entre 1980 – 1990 y de 32 MT entre 1990 – 2004 [12]. En los últimos años Colombia ha aumentado su participación en las exportaciones de carbón térmico y carbón coquizable, con una buena contribución de la zona de Norte de Santander [16].

El área metropolitana de San José de Cúcuta es rica en suelos arcillosos los cuales proporcionan la materia prima para la elaboración, de índole artesanal, de materiales de construcción como bloque, teja y ladrillo. El proceso de cocción o quema de los productos se hace a través de hornos tipo colmena de llama invertida, cuya fuente principal de combustión es el carbón. En este tipo de hornos el trabajo no es continuo, funciona con tiro natural; es decir el aire de exceso es impulsado de forma natural por diferencias de alturas entre el lecho del horno y la chimenea y no por un ventilador. La alimentación del horno se realiza por bocas laterales y su capacidad depende del diámetro que generalmente está entre 3 y 15 metros, y sus paredes son de aproximadamente un metro de espesor [17].

La fabricación artesanal de materiales para la construcción cuya base es la arcilla, presenta varios inconvenientes relacionados

con el tipo de horno, los quemadores utilizados, la eficiencia de los procesos y los gases de combustión que inciden en la calidad del producto y en las condiciones ambientales de trabajo [17].

Debido a lo representativo del sector cerámico en Norte de Santander, se están desarrollando estudios que permitan optimizar los procesos de producción de materiales empleados en la construcción. El objetivo principal es lograr tecnologías más limpias que mejoren tanto la eficiencia, aumentando la cantidad de energía aprovechada, como la tolerancia ambiental en el empleo del carbón. En este trabajo se presentan algunos resultados parciales del efecto que produce la presión de compactación de los polvos de carbón térmico en cuanto a las propiedades termo-físicas de muestras extraídas de las minas de carbón más representativas del área metropolitana de San José de Cúcuta. Los resultados encontrados en el desarrollo de esta investigación serán empleados en la fabricación de cilindros de carbón, previamente beneficiados y compactados a altas presiones. Estos cilindros se emplearán, muy posiblemente, como combustible de los hornos tipo colmena ubicados en San José de Cúcuta y área fronteriza con la República Bolivariana de Venezuela.

## 2. procedimiento experimental

### 2.1 Preparación de las muestras

Se tomaron muestras representativas de carbón mineral de la mina Cerro Tasajero ubicada en el área metropolitana de San José de Cúcuta. Las muestras se pulverizaron manualmente mediante molino de rodillos. Los polvos obtenidos se tamizaron en malla pasante números 30 ( $595\mu\text{m}$ ), 50 ( $297\mu\text{m}$ ) y 100 ( $149\mu\text{m}$ ). Posteriormente se desarrolla un proceso de secado en un horno de circulación forzada marca Gabrielli® a una temperatura de  $312,0 \pm 0,5 \text{ K}$  ( $\sim 40^\circ\text{C}$ ) por un tiempo de

24 horas. A la masa inicial de la muestra, se le agregó agua destilada en porcentaje en peso con variaciones cada 5% hasta alcanzar un 50%. Cada una de las muestras húmedas se compactaron a una presión de  $1,7 \pm 0,2$  MPa. Para las mediciones de conductividad térmica y calor específico por unidad de volumen, se empleó el sistema de flujo transitorio de calor KD2<sup>®</sup> Thermal Properties Analyzer (Decagon Devices, Inc). Se tomaron cinco lecturas de  $k$  y  $\rho c$ , con una diferencia entre medidas de cinco minutos y luego se promediaron. La densidad ( $\rho$ ) se determinó como la razón masa volumen para la muestras compactadas. Para complementar la caracterización de las muestras de carbón de la mina Cerro Tasajero, el porcentaje de ceniza se halló por norma ASTM D 3174 [18]; la concentración de azufre por la norma ASTM 3177 [19], mientras que la materia volátil se determinó aplicando la norma ASTM 3175 [20].

### 2.2 Método experimental

El sistema KD2-Pro<sup>®</sup> permite determinar las propiedades térmicas, aplicando como principio físico el flujo lineal transitorio de calor monitoreando el perfil de temperatura en función del tiempo. El sistema realiza mediciones experimentales, que se ajustan a funciones exponenciales integrales mediante un procedimiento no lineal de mínimos cuadrados. Un término de la tendencia lineal corrige los cambios de temperatura de la muestra durante la medida optimizando así la exactitud de las lecturas [21].

La figura 1 muestra el sistema KD2-Pro<sup>®</sup> y la disposición experimental empleada para efectuar las mediciones de las propiedades térmicas de los polvos de carbón compactados a diferentes porcentajes de agua y tamaños de grano. Se visualiza la ubicación de la sonda o sensor sobre la muestra de carbón y su conexión al analizador KD2-Pro<sup>®</sup>.

Los valores de  $k$  se determinan mediante el monitoreo de la disipación del calor proveniente de una fuente lineal transitoria dada por un voltaje conocido. El gradiente

de temperatura para un medio infinito, a una distancia  $r$  (dado en metros) próxima a la fuente lineal de calor, está dado por la ecuación 1 [21].

$$\Delta T = \frac{Q}{4\pi kt} e^{-\left(\frac{r^2}{4Dt}\right)} \quad (1)$$

Figura 1. Montaje experimental del Sistema KD2-Pro.



Fuente: presentación propia de los autores

Donde  $k$  es la conductividad térmica ( $W m^{-1} K^{-1}$ ),  $D$  es la difusividad térmica ( $m^2 s^{-1}$ ),  $Q$  ( $J m^{-1}$ ) corresponde al calor aplicado, y  $t$  (s) es tiempo. Considerando a  $Q$  como un pulso instantáneo de calor en un intervalo de tiempo ( $0 < t < t_1$ ), la ecuación (1) se transforma en la ecuación 2.

$$\Delta T = -\frac{q}{4\pi k} Ei\left(-\frac{r^2}{4Dt}\right) \quad 0 < t < t_1 \quad (2)$$

Donde  $q$  es la tasa de disipación de calor ( $W/m$ ),  $t_1$  es el tiempo de calentamiento, y  $Ei$  es una integral exponencial. El gradiente de temperatura después de interrumpir el pulso de calor en el proceso de enfriamiento ( $t > t_1$ ) está dado por la ecuación 3:

$$\Delta T = -\frac{q}{4\pi k} \left[ -Ei\left(-\frac{r^2}{4Dt}\right) + Ei\left(-\frac{r^2}{4D(t-t_1)}\right) \right] t > t_1 \quad (3) [21]$$

La conductividad térmica de la muestra en estudio, se determina ajustando los datos de temperatura tomados durante el tiempo

de calentamiento, ecuación (2), y durante el enfriamiento, ecuación (3). Dicho ajuste es no lineal de mínimos cuadrados en los cuales los valores de  $k$  se minimizan mediante diferencia entre el modelado y el medido por el sensor de temperatura. Un factor de tendencia lineal se incluye en el procedimiento inverso. La mayoría de los experimentos no ocurren bajo condiciones constantes de temperatura, por esto, se asume que la temperatura puede ser de tendencia lineal y se utiliza un parámetro de ajuste a esta tendencia permitiendo reducir el error sustancialmente.

Otro estudio teórico permite hallar  $k$ , donde se considera la fuente pulsada de forma cilíndrica de radio  $a$  (m) y longitud  $2b$  (m), midiendo la temperatura en el centro de la muestra. Reporta que el gradiente de temperatura durante el calentamiento ( $0 < t < t_1$ ) es dado por la ecuación (4), y durante el enfriamiento ( $t > t_1$ ) por la expresión (5)

$$\Delta T = \frac{q}{4\pi k} \int_{r^2/4Dt}^{\infty} u^{-1} \exp(-u) \exp[-(a/r)^2 u] I_0(2au/r) \operatorname{erf}\left(\frac{b}{r}\sqrt{u}\right) du \quad (4) \quad [21]$$

$$\Delta T = \frac{q}{4\pi k} \int_{r^2/4Dt}^{r^2/4D(t-t_1)} u^{-1} \exp(-u) \exp[-(a/r)^2 u] I_0(2au/r) \operatorname{erf}\left(\frac{b}{r}\sqrt{u}\right) du \quad (5)$$

Donde,  $I_0(x)$  representa una función de Bessel modificada de orden cero,  $\operatorname{erf}(x)$  es la función error, y  $u$  es una variable de integración.

Si  $a/r$  se aproxima a cero, y  $b/r$  a infinito, se reducen las ecuaciones (4) y (5) a las expresiones (2) y (3).

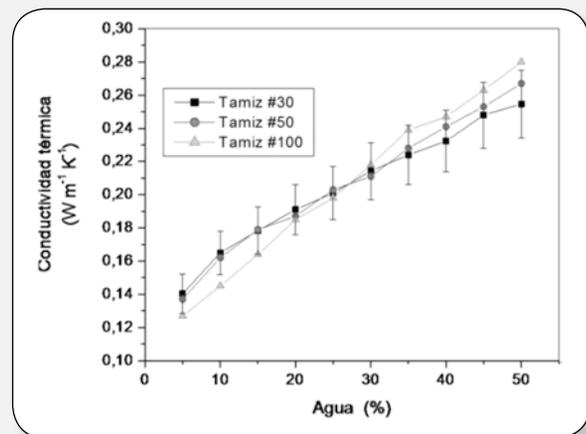
Para el tipo de sensor y microcontrolador que maneja el sistema KD2, se ha encontrado que las ecuaciones (2) y (3) ajustan los datos del gradiente de temperatura tan bien como las ecuaciones (5) y (6), pero dan valores un poco diferentes para el ajuste en los parámetros, variación que debe incluirse en la calibración

del equipo, así las ecuaciones más simples (2) y (3) son confiables para determinar el valor de  $k$ .

## Resultados y discusión

Las figuras 2 y 3 muestran las gráficas de la conductividad térmica y el calor específico por unidad de volumen, respectivamente. En cada caso se visualiza el comportamiento en función de los tres tamaños de grano y la cantidad de agua agregada a las muestras. La temperatura promedio a la cual se desarrollaron los análisis fue de  $229,0 \pm 0,3$  K.

Figura 2. Conductividad térmica en función del porcentaje de agua agregado a la muestra para las tres granulometrías.

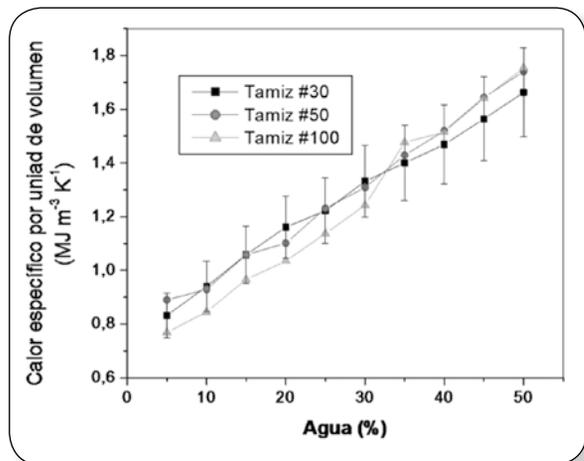


Fuente: presentación propia de los autores

El comportamiento de  $k$  y  $\rho c$  en función de la concentración de agua (% wt), figuras 2 y 3 respectivamente, de éstas se aprecia que tanto  $k$  como  $\rho c$  aumentan al incrementarse la concentración de agua. Este mismo comportamiento se presenta para las tres granulometrías estudiadas.

Para polvos de carbón con un tamaño de grano inferior a  $595 \mu\text{m}$  (pasante tamiz #30) el valor de  $k$  a una concentración de agua del 50% wt es el 72,3 % mayor que cuando tiene 5% wt de agua agregada. De igual forma se aprecia que la capacidad de almacenar o ceder energía se incrementa en un 99,88% entre la condición inicial (5%wt) y final (50%wt).

**Figura 3.** Calor específico por unidad de volumen en función del porcentaje de agua agregado a la muestra para las tres granulometrías.



Fuente: presentación propia de los autores

Para las muestras de carbón con tamaño de grano inferior a 297  $\mu\text{m}$  (pasante tamiz #50) el valor de  $k$  a una concentración de agua del 50% Wt es el 94,89 % mayor que cuando tiene 5% wt de agua agregada.  $\rho_c$  se incrementa en un 95,62% entre la condición inicial (5%wt) y final (50%wt).

Y finalmente, para las muestras de carbón con tamaño de grano menor a 149  $\mu\text{m}$  (pasante tamiz #100) el valor de  $k$  al 50% wt de agua es 139,31% mayor que para 5% wt de agua agregada.  $\rho_c$  se incrementa en un 128,08% entre la condición inicial (5%wt) y final (50%wt).

De los análisis anteriores es posible concluir, parcialmente, que las mejores propiedades termofísicas las ofrece las muestras de carbón con tamaño de grano de 149  $\mu\text{m}$  equivalente a partículas pasantes malla #100.

Los resultados anteriormente relacionados son coherentes pues se encontró que las densidades de la muestras aumentan al incrementarse la concentración de agua, tal como se aprecia en la figura 4.

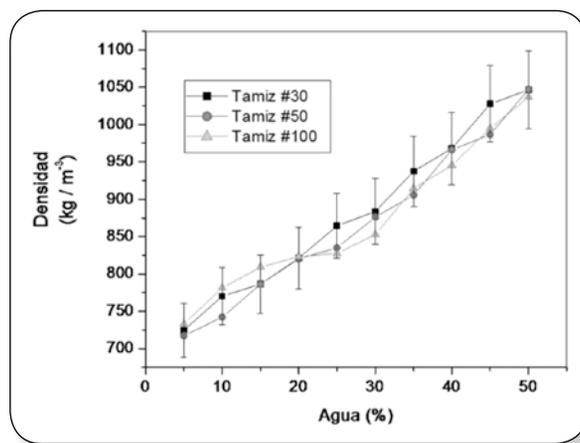
En las figuras 2 y 3, se observan las gráficas de los datos experimentales para los parámetros termofísicos ( $k$  y  $\rho_c$ ) en función

de la concentración (%wt) de agua agregada a la muestra. Estas gráficas se ajustaron a una función logística de crecimiento con límite de saturación dada por la expresión (5) [22].

$$y = \frac{(A_1 - A_2)}{[1 - (x/x_0)^n]} + A_2 \quad (5)$$

En la ecuación 5,  $A_1$  corresponde al valor de la propiedad térmica ( $y$ ) de la muestra cuando no se agrega agua ( $x=0$  %wt);  $A_2$  corresponderá al valor de la propiedad térmica cuando la concentración de agua es muy grande ( $x >>$ ), es decir el valor máximo de saturación;  $x_0$  corresponde al punto donde se produce el cambio de curvatura y  $n$  es la razón de crecimiento. En las tablas 1 y 2 se relacionan los valores de cada uno de los parámetros de la función logística para  $k$  y  $\rho_c$ . También se registran los parámetros estadísticos de correlación.

**Figura 4.** Densidad en función de la concentración de agua (%wt) agregada a la muestra.



Fuente: presentación propia de los autores

**Tabla 1.** Valores de los parámetros de la función logística para  $k$  de los polvos de carbón en los tres tamaños de grano.

| # Tamiz | $A_1$       | $A_2$       | $X_0$        | $n$         |
|---------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| 30      | 0,137±0,001 | 0,494±0,003 | 94,376±0,005 | 1,121±0,001 |
| 50      | 0,123±0,003 | 0,717±0,008 | 89,934±0,003 | 1,004±0,007 |
| 100     | 0,109±0,002 | 0,609±0,001 | 87,074±0,002 | 1,207±0,002 |

Fuente: presentación propia de los autores

**Tabla 2.** Valores de los parámetros de la función logística para  $\rho_c$  de los polvos de carbón en los tres tamaños de grano.

| # Tamiz | $A_1$       | $A_2$       | $X_0$        | n           |
|---------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| 30      | 0,708±0,005 | 8,068±0,006 | 93,993±0,003 | 0,922±0,005 |
| 50      | 0,834±0,003 | 6,133±0,002 | 87,247±0,006 | 1,433±0,007 |
| 100     | 0,734±0,001 | 4,088±0,001 | 83,361±0,002 | 1,601±0,009 |

Fuente: presentación propia de los autores

De lo anterior se encontró: que para polvos de carbón con tamaño de grano inferior a 595  $\mu\text{m}$  (pasante tamiz #30), el valor de  $k$  y  $\rho_c$  para cuando no se agrega agua a la muestra es de 0,137  $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$  y 0,708  $\text{MJ m}^{-3} \text{k}^{-1}$ , de igual forma los valores para estos parámetros termofísicos cuando hay saturación de agua reportó un valor de 0,494  $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$  para  $k$  y 8,068  $\text{MJ m}^{-3} \text{k}^{-1}$  para  $\rho_c$ .

Para polvos con tamaño de grano inferior a 297  $\mu\text{m}$  (pasante tamiz #50), el valor de  $k$  y  $\rho_c$  para cuando no se agrega agua a la muestra es de 0,123  $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$  y 0,834  $\text{MJ m}^{-3} \text{k}^{-1}$ , cuando hay saturación de agua reportó un valor de 0,717  $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$  para  $k$  y 6,133  $\text{MJ m}^{-3} \text{k}^{-1}$  para  $\rho_c$ .

Y finalmente, para polvos con tamaño de grano inferior a 149  $\mu\text{m}$  (pasante tamiz #100), el valor de  $k$  y  $\rho_c$  para cuando no se agrega agua a la muestra es de 0,109  $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$  y 0,734  $\text{MJ m}^{-3} \text{k}^{-1}$ , cuando hay saturación de agua reportó un valor de 0,609  $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$  para  $k$  y 4,088  $\text{MJ m}^{-3} \text{k}^{-1}$  para  $\rho_c$ .

Para complementar el estudio, los polvos de carbón de la Mina Cerro Tasajero se caracterizaron químicamente. De tal forma que el porcentaje de ceniza presente en la muestra, se determinó mediante la norma ASTM D 3174; la concentración de azufre se establece con la norma ASTM 3177, reportando un valor de 0,45%, mientras que la materia volátil se precisa aplicando la norma ASTM 3175. Esta información se encuentra registrada en la tabla 3.

**Tabla 3.** Valores de los análisis químicos de las muestras de carbón térmico.

| Análisis         | %          |
|------------------|------------|
| Ceniza           | 1,75±0,03  |
| Material volátil | 34,17±0,05 |
| Azufre           | 0,45±0,02  |

Fuente: presentación propia de los autores

Los resultados presentados sugieren, que en los hornos la tasa de combustión se ve favorecida debido al aumento de la temperatura por incidencia directa de la capacidad calorífica y la conductividad térmica, como lo sugiere Maloney [23] y colaboradores.

## Conclusiones

De los tres tamaños de grano estudiados, se encontró que los mejores resultados en las propiedades termofísicas se obtuvieron para polvos de carbón con tamaño de grano de 149  $\mu\text{m}$  (tamiz #100) en donde el valor de  $k$  a una concentración de agua del 50% wt es el 139,31% mayor que al 5% wt.  $\rho_c$  se incrementa en un 128,08% entre la condición inicial (5%wt) y final (50%wt).

El porcentaje de ceniza, presente en la muestra, se determinó mediante la norma ASTM D 3174 encontrándose un valor de 1,75%; una concentración de azufre 0,45% según la norma ASTM 3177 y 34,17% de materia volátil aplicando la norma ASTM 3175.

Los resultados de este trabajo de investigación son de vital importancia y utilidad en el desarrollo de nuevas investigaciones que buscan la conformación de barras de carbón compactadas a diferentes presiones y su aplicación como fuente de combustible en hornos de producción cerámica ubicados en la zona fronteriza colombo-venezolana.

## Referencias bibliográficas

- [1]. KIM, A. Coal Formation and the Origin of Coal Fires. *En: Coal and Peat Fires: A Global Perspective*. ed. Elsevier: New York, 2011, pp 1-28.
- [2]. BARGHOORN, E. Degradation of plant materials and its relation to the origin of coal. *2nd Conf. on the Origin and Constitution of Coal*. Nova Scotia, 1952, pp. 181–203.
- [3]. SCHOPF, J. Definitions of peat and coal and of graphite that terminates the coal series. *J. Geol.* 1966, vol. 74, pp. 584–592.
- [4] HENDRICKS, T. The origin of coal. *En: Chemistry of Coal Utilization*. ed. New York: John Wiley and Sons Inc., 1945, pp. 1–24.
- [5] CASSIDY, S. History of coal mining, *Elements of Practical Coal Mining*. Coal. 1973, vol. 2, pp. 1–10.
- [6]. US Energy Information Administration. *International Energy Outlook – Coal*, [web en línea]. <<http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/coal.htm>>. [Consulta: 3-1-2011]
- [7]. US Energy Information Administration USA. *Annual energy outlook* [documento en línea]. 2006. [Washington, DC]: 10/12/2002. <[http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/ieoreftab\\_6.pdf](http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/ieoreftab_6.pdf)> [consulta: 10-8-2011]
- [8]. US Energy Information Administration USA [web en línea]. <<http://www.eia.doe.gov/emeu/international/coalconsumption.html>>. [Consulta: 15-11-2008]
- [9] SEHLKE, G. U. S. Department of Energy's Role in the Energy-Water Nexus. *Journal of Contemporary Water Research and Education*. 2009, vol. 143, núm. 2, pp. 56-62.
- [10]. HIROAKI, Y. Coal Firing Power Generation Technology. *Journal of the Japan Institute of Energy*. 2003, vol. 82, pp. 822-829.
- [11]. VIEIRA, C. Incorporation of solids wastes in red ceramics – an update review. *Revista Materia*. 2009, vol. 14, pp. 881-905.
- [12] UNSWORTH, J. Coal Quality and Combustion Performance. An international perspective. *Coal Science and Technology*. 1991, vol. 19, núm. 2, pp. 638-642
- [13]. LEE, H.; KLIMA, M.; SAYLOR, P. Evaluation of a laboratory rod mill when grinding bituminous coal. *Fuel*. 2012, vol. 92, pp. 116–121.
- [14]. US Energy Information Administration USA, *Energy in the United States: 1635–2000* [documento en línea]. 2001. [Washington, DC]: 12/06/2002 <<http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/eh>> [consulta: 10-8-2011]
- [15]. CIMAC, C. *Selección de carbones para la aplicación del combustible CCTA en hornos de cerámica dentro de los esquemas de producción limpia y uso racional de energía- departamentos de Boyacá, Santander y Norte de Santander*. Centro de Investigación de Materiales Cerámicos, Univ. Francisco de Paula Santander, 2004. 85 p
- [16]. VALBUENA, O. *Efecto de la distribución de tamaño de partícula en la conductividad térmica de polvos de carbón usados en la elaboración del combustible tipo CCTA*. San José de Cúcuta: Universidad

Francisco de Paula Santander, 2007.  
120 p

- [17]. TRIVIÑO, M.; MOLINA, C. Diagnóstico técnico de carbones térmicos para la obtención del combustible CCTA en Boyacá. Revista Energética. 2007, vol. 37, pp. 13-22.
- [18]. AMERICAN Section of the International Association for Testing Materials, ASTM (US). ASTM Standard D3174, 2011. Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke from Coal. ASTM, 2011. 16 p.
- [19]. AMERICAN Section of the International Association for Testing Materials, ASTM (US). ASTM Standard D3177 – 02, 2007. Test Methods for Total Sulfur in the Analysis Sample of Coal and Coke. ASTM, 2007. 12p.
- [20]. AMERICAN Section of the International Association for Testing Materials, ASTM (US). ASTM Standard D3175, 2011. Test Method for Volatile Matter in the Analysis Sample of Coal and Coke. ASTM, 2011. 15 p.
- [21]. DecagonDevices [web en línea]. <<http://www.ictinternational.com.au/kd2.htm>>. [Consulta: 5-1-2012]
- [22]. DRAGAN, A. The existence of optimal parameters of the generalized logistic function. Applied Mathematics and Computation. 1996, vol. 77, pp. 281-294.
- [23]. DANIEL J. MALONEY, D.A.; SAMPATH, R. AND ZONDLO, J. Heat capacity and thermal conductivity considerations for coal particles during the early stages of rapid heating. Combustion and Flame. 1999, vol. 116(1-2), pp. 94-104.

# Exclusión social y nuevas sensibilidades juveniles<sup>1</sup>

Jesús Ernesto Urbina Cárdenas<sup>2</sup>

Recibido:  
Mayo 23 de 2012

Aceptado:  
Noviembre 25 de 2012

## Resumen

*El presente texto expone los resultados preliminares de la investigación sobre la pedagogía emocional de los docentes de la Universidad Francisco de Paula Santander. Desarrolla el objetivo orientado a la comprensión de las nuevas sensibilidades juveniles, inherentes a los jóvenes universitarios participantes del estudio, al igual que la exclusión social, que se cierne como un factor decisivo para el futuro de las nuevas generaciones. Los dos conceptos básicos que sustentan el artículo giran en torno a la idea de joven y exclusión social, jóvenes y nuevas sensibilidades, al igual que un intento de establecer los puntos de encuentro y tensión entre estas dos grandes categorías. En general, aspectos como el consumo y rasgos inherentes a la emocionalidad, conforman los ejes sobre los cuales discurren las páginas que siguen.*

**Palabras clave:** sensibilidades juveniles, exclusión social, complejidad, incertidumbre, inteligencia emocional.

## Abstract

*This text presents the preliminary results of the research focused on UFPS teachers' emotional pedagogy. It develops the objective oriented towards the understanding of new youthful sensitivities, which are inherent to the young university students who participated in the study; as well as social exclusion, which establishes itself as a decisive factor for the future of new generations. The two basic concepts that support this article revolve around the idea of youngster and social exclusion, youngster and new sensitivities, as well as an attempt of determining the meeting and tension points between these two main categories. Overall, aspects such as consumerism and emotionalism-inherent features form the core ideas on which the following pages flow.*

**Keywords:** youthful sensitivities, social exclusion, complexity, uncertainty, emotional intelligence.

<sup>1</sup>Este artículo se origina en el marco del trabajo de investigación titulado "valoración de la pedagogía emocional en los docentes de la Universidad Francisco de Paula Santander", aprobado por el FINU (Contrato FINU N° 003-2012), a partir del análisis de los presupuestos teóricos relacionados con los estudiantes universitarios, participantes en la investigación.

<sup>2</sup>Doctor en Ciencias Sociales, Niñez y Juventud, de la Universidad de Manizales y del Centro Internacional de Educación y Desarrollo CINDE; Magister en Pedagogía (UIS). Filósofo con especializaciones en Docencia universitaria y en didáctica del español y la literatura. Director del Grupo de Investigación en Estudios Sociales y Pedagogía para la Paz de la UFPS.

## I. Introducción

La investigación titulada “valoración de la pedagogía emocional en los docentes de la Universidad Francisco de Paula Santander de Cúcuta”, ha motivado una exploración teórica y epistemológica, con el fin de aproximarse al fenómeno investigado desde la perspectiva de los estudiantes universitarios. Una de estas variables son las sensibilidades juveniles, en el marco de un mundo globalizado, y desde una mirada de la denominada inteligencia emocional (Gardner, 1994; Goleman, 1996; Bisquerra, 2003; De la Torre & Moraes, 2005; Chabot & Chabot, 2009).

A esta perspectiva centrada en los afectos, se le agrega el factor de la exclusión social, como un elemento que se cierne sobre tales sensibilidades juveniles, apropiando los debates nacionales e internacionales sobre el alarmante fenómeno de la exclusión a que se ven sometidas las nuevas generaciones. Primero, la dificultad en las comunicaciones con las generaciones adultas, y segundo, la marginalidad y ausencia de oportunidades de los jóvenes para acceder a una vida digna, entre ellas, el empleo (Rodríguez, 2000; Sojo, 2000; Gallart, 2000; Cubides, Laverde & Valderrama (comp.), 2008; Arango, 2004).

Para estos autores, vivir en este mundo complejo, supone habitar en la incertidumbre. A quienes les ha correspondido habitar el planeta después de dos guerras mundiales catastróficas y asumir la complejidad como parte sustancial de la cotidianidad, no pueden eludir el mote de ser llamados los “hijos de la incertidumbre”, haciendo eco a las palabras de Morin (2001) cuando sostiene que, *el futuro se llama incertidumbre*.

Los “hijos de la incertidumbre” viven en un mundo complejo y planetario. Entendida la complejidad como diferenciación, ritmo acelerado de cambio, ensanchamiento del espectro de posibilidades en el marco de pautas de acción diferenciadas de un contexto a otro,

del tiempo de trabajo al tiempo del ocio, de la familia a la comunidad, de las relaciones amorosas a las profesionales. En este abanico de opciones las nuevas generaciones enfrentan el problema constante de elección con nuevos interrogantes: ¿qué debemos hacer en contextos diferentes? ¿Y qué debemos hacer ante la aparición cada vez más usual de nuevos problemas?, pero ante todo, ¿qué se debe hacer ante este exceso de posibilidades? En definitiva, la paradoja de la incertidumbre estriba en que es imposible no elegir. (Melucci, 2001)

En este mar de incertidumbres, en las cuales, nuevas y viejas generaciones sobreviven, la realidad no es posible objetivarse, pues tal pretensión de objetividad se reduce a los puntos de vista personales del sujeto. El conocimiento por su parte, es una aventura incierta que conlleva en sí misma y permanentemente, el riesgo de ilusión y de error, porque el conocimiento es como navegar en un océano de incertidumbres a través de archipiélagos de certezas (Morín, 2001).

Los jóvenes proyectan sus sueños, empujados por la tensión entre la necesidad de desempeñar un empleo que garantice la sobrevivencia, y la ansiedad que supone un conjunto de nuevas sensibilidades en todos los ámbitos, desde el más serio hasta el más frívolo, desde los más diversos juegos de apariencias hasta el juego político, “tanto en el orden del trabajo como en el orden del ocio, y en las diversas instituciones; en donde la pasión, el sentimiento, la emoción y el afecto vuelven a jugar un papel protagónico”. (Maffesoli, 1997, p.27)

En este espectro de “nuevas sensibilidades”, la novedad que irrumpe en el marco de las “culturas juveniles” (Reguillo, 2007) ya no se caracteriza por la resistencia a los procesos de socialización, sino en la capacidad y velocidad para procesar la información que de manera inédita circula por el planeta. En este marco surge el interrogante que inspira el presente texto: *¿Cuál es la tensión entre la exclusión*

*social de los jóvenes contemporáneos y las nuevas sensibilidades que caracterizan su accionar?*

Con base en lo anterior, el propósito de lo que sigue es el de establecer los puntos de encuentro y desencuentro entre dos tópicos que a primera vista parecen antagónicos: la exclusión social y las nuevas sensibilidades de los jóvenes. Por lo tanto, no se trata de la publicación de resultados definitivos de una investigación, sino de una reflexión preliminar sobre estos temas, con el fin de ahondar de forma específica en las culturas juveniles, y en el marco de estas culturas, trazar una ruta que facilite la comprensión de diversos fenómenos inherentes a las sensibilidades de los jóvenes; entre ellas, el tema de la exclusión social, que según varios estudios constituye uno de los principales problemas que afectan a la juventud de hoy (Rodríguez, 2000).

El tema de la exclusión de los jóvenes constituye particularmente un fenómeno que influye sustancialmente en los procesos de desarrollo en nuestros países, y aunque hace parte de la agenda de la mayoría de gobiernos, pareciera que las políticas y las acciones no son suficientes y en el peor de los casos, ineficientes. Los trabajos de Rodríguez (2000), Jacinto y otros (1998), Hopenhayn (2004), Gallart (2003), Kremenchtzky (2000), Garcés (2004), entre otros trabajos, permiten una profundización sobre esta problemática.

Sobre el tema de las sensibilidades de los jóvenes contemporáneos también existe abundante literatura. Para las pretensiones de este trabajo se tomarán como referentes los trabajos de Reguillo (2007), Barbero (2003), Maffesoli (2007), Rubio (2007), Kaplún 2004, Feixa (2006), Urresti (2004), Muñoz (2006). De igual manera, algunos de los artículos publicados en el número 23 de la Revista Nómadas (2005), y finalmente el texto publicado por la Universidad Central “viviendo a toda” (2008), entre otros trabajos relevantes.

## II. Jóvenes y exclusión social

Se entiende la exclusión social como el proceso por el cual a ciertos individuos y grupos, se les impide sistemáticamente el acceso a posiciones que les permitirían una subsistencia digna dentro de los niveles sociales establecidos por las instituciones y valores en un entorno dado. De igual modo, es importante aclarar que la exclusión social es un proceso, no una condición. Sus fronteras cambian, y quién es excluido o incluido puede variar con el tiempo, “dependiendo de la educación, las características demográficas, los prejuicios sociales, las prácticas empresariales y las políticas públicas” (Gallart, 2000).

Los caminos hacia la exclusión son variopintos. Por ejemplo, es posible según Gallart (2000, 61), que:

*“...el analfabetismo funcional, la condición de ilegal, la imposibilidad de pagar el alquiler, lo que induce la carencia de techo, o la pura mala suerte con un jefe o un policía, desaten una cadena de acontecimientos que lleven a una persona (y a su familia, con mucha frecuencia) a arrastrarse a la deriva hacia las regiones exteriores de la sociedad, habitadas por los despojos de la humanidad fracasada. La exclusión no sólo produce la imposibilidad de acceder a satisfacer las necesidades básicas, sino que el proceso de exclusión social y la insuficiencia de las políticas reparadoras de integración conducen a una integración perversa [que] hace referencia al proceso laboral en la economía criminal”. (Gallart, 2000, p. 61)*

“Exclusión social” indica entonces la existencia de una vinculación pobre, o de una vinculación parcial –deficitaria- a la comunidad de los valores que caracterizan un grupo social determinado, lo cual implica que no se cuenta con los medios y recursos básicos para asegurar un nivel de vida con calidad. “En cuyo caso puede hablarse también de exclusión económica, política,

de género, étnica y ambiental para citar solo las dimensiones más gruesas del pensamiento social contemporáneo”. (Sojo, 2000, p. 50)

Se puede afirmar que a pesar de la incorporación del tema en las agendas de la mayoría de gobiernos del mundo y en específico de los gobiernos de Latinoamérica, el problema de la exclusión social de los jóvenes sigue constituyendo uno de las mayores preocupaciones para las agencias e investigadores del tema. De acuerdo con Rodríguez (2000), estos avances significativos no corresponden con los resultados, por lo que se hace indispensable encarar los siguientes núcleos problemáticos:

En primer lugar, se evidencia ineficiencias e ineficacias de las instituciones responsables del diseño e implementación de las políticas encaminadas a resolver este asunto.

De igual forma, la pertinencia de las propuestas no siempre corresponden con los problemas particulares de cada país o región.

Aún existen limitaciones de recursos y falta una voluntad explícita de los Estados para resolver problemas puntuales en cuanto a la exclusión de la población joven de mejores oportunidades sociales.

De igual manera, los chicos de estratos populares urbanos experimentan un nivel de riesgo de exclusión social que tiende a centralizar la pobreza entre los jóvenes, fruto de la confluencia de los siguientes factores:

“(1) la creciente incapacidad que exhibe el mercado de trabajo para absorber personas con escasas calificaciones y para garantizar la cobertura de prestaciones sociales tradicionalmente ligadas al desempeño de empleos estables; (2) las dificultades que enfrenta el Estado para reformar la educación y los sistemas de capacitación a un ritmo ajustado a los requerimientos por nuevas aptitudes y destrezas; (3) las transformaciones en las familias y en la composición de los vecindarios (...) afectadas por una reducción de su competencia para generar

estímulos y confianza en niños y jóvenes sobre las virtudes asociadas a la inversión de esfuerzos en la educación como el medio privilegiado para alcanzar las metas deseadas; (4) la emancipación temprana de los jóvenes de niveles educativos bajos y tasas de fecundidad más altas que la de sus pares con niveles educativos superiores, cuya acción contribuye a que la pobreza se concentre en las primeras etapas del ciclo de vida familiar; (5) la segregación residencial, por la cual se produce una creciente concentración espacial de hogares con similares niveles de vida, homogeneizándolos hacia adentro y distanciándolos hacia fuera; (6) la separación de los espacios públicos de sociabilidad informal fuera del mercado, lo que reduce la frecuencia de encuentros cara a cara entre personas de distinto origen socioeconómico; y (7) la segmentación de los servicios básicos, entre los que se destaca especialmente –por su significación en estos temas– el caso de la educación” (Rodríguez, 2002, p. 32-33).

Lo anterior trae como consecuencia, en primera instancia, el impedimento para que tanto el sistema educativo como el sistema laboral operen como transmisores de normas y valores que ordenen la vida cotidiana, estructuren aspiraciones y definan metas a alcanzar. De otra parte, la inestabilidad e incompletitud de las familias reducen la capacidad de los jóvenes en su proceso de socialización, transformando el “aislamiento social” en un auténtico “hueco normativo” que deteriora las percepciones sobre las instituciones.

De acuerdo con Rossana Reguillo (2001, p. 9), la juventud sufre dos procesos de estigmatización social y política que contribuyen a este panorama incierto: la exclusión y la “demonización”. Existe una tendencia social ampliamente difundida por los medios de información masiva a relacionar los jóvenes con problemas de delincuencia, consumo de sustancias psicoactivas, pandillas, etc. De igual modo, esto genera “una reacción “en blanco” por parte de los chicos que se expresa en una profunda desconfianza frente a la política formal, su desencanto ante prácticamente cualquier

forma de participación institucionalizada” y el pragmatismo con el que suelen resolver las opciones electorales. Sin embargo, sus actitudes y acciones configuran nuevas identidades culturales caracterizadas por un profundo “espíritu de lo político”, en consonancia con la afirmación de Beck de que “los jóvenes practican una denegación de la política altamente política”.

La mezcla de todos estos factores, según el informe de la CEPAL-OIJ (2004, 107), contribuye a la formación de subculturas marginales, de pandillas y barras bravas que construyen sus propios códigos y relatos para irrumpir en el ámbito social y político, convirtiéndose en víctimas y victimarios de un espiral que pareciera ser infinito y que se resume en tres elementos: inseguridad pública, exclusión juvenil e ineficiencias normativas, que en la mayoría de los casos no figuran claramente en las prioridades para la formulación de políticas públicas para este sector.

El documento de la CEPAL-OIJ (2004, p. 17-21), destaca diez “tensiones y paradojas”, que resumen de forma concisa los problemas recurrentes relacionados con la exclusión de los jóvenes en Iberoamérica:

- En la actualidad los jóvenes tienen mayores posibilidades para escolarizarse pero de igual manera triplican los índices de desempleo respecto a las generaciones precedentes: *mayor escolaridad y menores posibilidades de empleo.*
- La juventud tiene proporcionalmente mayor participación en redes informáticas, y más acceso a información merced a su alto nivel de escolarización y de consumo de los medios de comunicación. Pero participan menos de espacios decisorios de la sociedad, sobre todo en la esfera del Estado: *más informados pero menos participación en las decisiones del Estado.*
- Los jóvenes están más socializados en nuevos valores y destrezas, pero más excluidos de los canales para traducirlas en vidas autónomas y realización de proyectos propios: *mayores destrezas en lo social-comunicativo pero dificultades para ejercer su autonomía.*
- Los jóvenes viven un contraste entre buena salud y riesgos sanitarios poco cubiertos. Tanto desde la perspectiva de la atención hospitalaria, como de la prevención de riesgos, la juventud enfrenta un vacío: *buena salud vs riesgos sanitarios.*
- Los y las jóvenes latinoamericanos deben migrar a otros países en busca de mejores oportunidades de empleo pero sufren las restricciones propias del migrante: *migración vs exclusión.*
- Los nuevos patrones de consumo cultural de la juventud, provee de íconos y referentes que permiten a gran parte de este grupo etario generar identidades colectivas y participar de universos simbólicos. Por otra parte, se trata de identidades poco consolidadas, fragmentarias, a veces bastante cerradas, que contrastan con las crecientes dificultades para armonizarse con el resto de la sociedad, particularmente con la población adulta y las figuras de autoridad: *distancia entre nuevos consumos culturales y la realidad social en que viven los jóvenes.*
- Los jóvenes parecen ser *más aptos para el cambio productivo pero más excluido de este.* Los principales signos de estos tiempos son la institucionalización del cambio y la centralidad del conocimiento como motor del crecimiento, y ambos factores colocan a la juventud en una situación privilegiada para aportar al desarrollo, sin embargo, los jóvenes tienen restricciones para acceder en la práctica a los grandes cambios productivos: *cambios productivos vs exclusión.*
- La juventud ostenta un lugar ambiguo *entre receptores de políticas y protagonistas del cambio:* por una parte la sociedad proyecta

al joven desde apreciaciones prejuiciados como “carentes”, “vulnerables”, “capital humano”, población a proteger o racionalizar, a empoderar o controlar. Pero en la práctica los jóvenes se vuelcan sobre sus mundos de vida de manera más cotidiana y menos épica, generando nuevas sensibilidades y produciendo nuevas identidades.

- *La expansión del consumo simbólico y la restricción en el consumo material.* Los jóvenes quedan expuestos a un amplio abanico de posibilidades de consumo, y la cultura juvenil cobra mayor presencia en los cambios de sensibilidad de las sociedades iberoamericanas. Pero gran parte de los y las jóvenes no logran la movilidad social anhelada.

*Autodeterminación y protagonismo*, por una parte, y *precariedad y desmovilización*, por otra. Es decir, que a pesar del aparente reconocimiento social y político de los y las jóvenes, en el mundo real las exigencias cada vez más excluyentes impiden la autodeterminación juvenil.

Parte de estas tensiones se refleja en las encuestas de hogares aplicada en el 2002 en 18 países de Latinoamérica, en donde se ratifica este fenómeno de exclusión: la pobreza alcanza el 41%, equivalente a aproximadamente 58 millones, de los cuales 21 millones aproximadamente son “pobres extremos”. En términos absolutos –sostiene el informe- en el 2002 habría 7 millones 600 mil jóvenes pobres más que 1990. En relación con el corte rural-urbano, en el año 2002 la pobreza alcanzaba a uno de cada 3 jóvenes urbanos latinoamericanos entre los 13 países analizados, mientras que dicha proporción es un 64% superior entre los jóvenes rurales. Por su parte, la indigencia juvenil de la ciudad es inferior a 10%, mientras que supera el 27% entre los rurales. Así, estos últimos tienen una probabilidad 3,1 veces superior de vivir en condición de pobreza. Cabe hacer notar, por último, que estas diferencias de pobreza e indigencia por corte rural-urbano en América

Latina no son privativas de los jóvenes, sino que atraviesan a toda la población. (CEPAL-OIJ, 2004, 121)

El informe CEPAL-OIJ (2004, 110) destaca ocho causas que inciden en el fenómeno de la situación de exclusión de los jóvenes:

- *La educación:* no obstante los esfuerzos desplegados en los países, se mantienen bajos niveles de cobertura y calidad en los sistemas educativos formal y no formal, presentando una desvinculación del mercado de trabajo y de la realidad de los alumnos.
- *El mercado de trabajo* muestra mayor incapacidad para absorber la oferta de mano de obra juvenil, ya sea por su baja calificación y experiencia o por la mala calidad de la mayoría de los puestos de trabajo que se generan (informales, precarios y de bajos ingresos).
- *La familia* presenta transformaciones e irregularidades de estructura y estabilidad, que están presentes en los hogares de la mayoría de los jóvenes pobres, con consecuencias asociadas a violencia, carencias afectivas y materiales.
- *El embarazo adolescente* es una causa recurrente en la reproducción y feminización del círculo de pobreza.
- *La ruralidad* se asocia a una falta de incentivos y programas para retener la migración de los jóvenes a la ciudad.
- *La segregación espacial urbana*, donde se concentra la mayor cantidad de población joven, con servicios básicos deficientes o nulos, altos índices de violencia y falta de mecanismos de institucionalización, todo lo cual da lugar a la creación de subculturas juveniles, muchas veces signadas por la violencia o la infracción a la ley.
- *La discriminación* por razones etarias, por parte de un mundo adulto que no acepta o

condena los espacios y símbolos culturales propios de la juventud, a lo que se suman las discriminaciones étnicas o de género que afectan a las posibilidades de integración y desarrollo de muchos jóvenes. Ser joven, pobre, indígena (o negro) y mujer es una barrera casi imposible de sortear, que condena a reproducir la exclusión de una generación a la siguiente.

- *La violencia y la droga* son problemas cada vez mayores en las ciudades iberoamericanas, y actúan simultáneamente como causa y consecuencia de la precariedad social y económica en que viven los jóvenes.

Este panorama de exclusión de los jóvenes avizora una situación no muy clara para el desarrollo de Latinoamérica, sujeta por un lado a las exigencias de la banca mundial, y por otra, a la realidad social y política de estos países signados por la desigualdad y la eclosión de complejos problemas. Hopenhayn (2004) sostiene la necesidad de proponer otra mirada integrada al fenómeno, dada la combinación explosiva de situaciones en lo laboral, en lo educativo, en lo económico y en lo social, generando en los jóvenes un desinterés para la participación en el ámbito político. Se requiere la construcción de un tránsito de la juventud como protagonistas del cambio político y social, bajo la concepción de los jóvenes como sujetos de derecho y objeto de políticas.

En este marco se propone a continuación una mirada a las emergencias de las nuevas sensibilidades juveniles con el fin de establecer rutas posibles para una lectura menos prejuiciosa del tema.

### III. Jóvenes y nuevas sensibilidades

*“...existe un hedonismo de lo cotidiano, irreprimible y potente, que subtiende y sostiene a toda vida en sociedad.”*

(Maffesoli, “en el crisol de las apariencias”)

La exclusión social sería parte del collage en la cual emerge esa nueva manera de amar y de sentir de nuestros jóvenes. En el bricolaje donde se ubican las nuevas sensibilidades, no sólo caben nuevas maneras de percibir y actuar en el mundo, también se “encriptan” los graves problemas de marginación y estigmatización de la población juvenil. Es de lo que se quiere hablar en las líneas siguientes.

Un primer interrogante puede ayudar a esta reflexión: ¿cuáles son esas nuevas sensibilidades ante la emergencia de esta tensión entre la mirada particular de los jóvenes y los procesos de exclusión social en que viven? Vale la pena, entonces, situarse en la época contemporánea y considerar algunas tendencias alternativas que según Maffesoli (2007), caracterizan a la posmodernidad desde siempre.

La época que nos ha correspondido vivir es particularmente transgresora en el sentido de cuestionar el racionalismo moderno, y lo cuestiona a través de la configuración de una “cultura dominante”, que se manifiesta en la presencia y co-existencia de un abanico de rasgos diferentes, pero subordinados unos de otros (Grosser Guillén, 2006):

- Nueva superficialidad: nueva cultura de la imagen, estética y simulacro.
- Nuevo tipo de emocionalidades: “intensidades” basadas en lo individual hedonista.
- Debilitamiento de la historicidad.
- Sólo el presente es relevante, ya no importa el futuro.
- Proceso de personalización marcado por un sesgo narcisista y hedonista que acentúa el individualismo.
- La consigna del sujeto es “mantenerse joven y hermoso”.
- Se encumbra el placer y el cuerpo.
- La “juventud” se considera una mercancía.
- Aparición de la “mercadotecnia emocional”.

Rasgos que parecieran encontrar su propia expresión en las culturas juveniles, y que su sentido puede evidenciarse en las múltiples formas como se muestran los jóvenes en su cotidianidad. Un mundo “post” cargado de inciertas verdades que se multiplican en lo que Maffesoli (2007) denomina la “armonía de los contrarios”, donde el conflicto, el desorden, la disfunción vienen finalmente a confirmar a sus opuestos: en suma, una organización social que no se basaría en la búsqueda de grandes soluciones, en la resolución de problemas inherentes a toda vida en sociedad, sino que, por el contrario, aprendería acomodarse a ellos, que buscaría utilizarlos para un aumento de vitalidad.

Pero en la contraparte, operan rasgos diluyentes, ya no sujetos al hilo conductor de la racionalidad, sino contruidos a partir de un complejo proceso de atracciones, repulsiones, emociones y pasiones, donde el factor “consumo” junto a las categorías identitarias del mercado rampante como “capacidad adquisitiva”, “nivel de consumo”, actúan como lazos de fuerza exocéntricos con puntos de apoyo en los bordes, que en lugar de incluir, se convierten en factores de exclusión especialmente para la población juvenil. Ser o parecer joven tiene hoy valor agregado: “el que le asignan los medios y la publicidad, por supuesto. Pero también y sobretodo, el que adquieren recientemente, cuando los y las jóvenes se hacen visibles en los nuevos paradigmas culturales” (Muñoz, 2000, p. 4). En el medio de esta puja entre “fuerzas del mercado” y “ser o parecer joven”, encuba un exótico híbrido mitad indigente, mitad joven contemporáneo.

En este ámbito de la postmodernidad los conceptos que parecen identificar la figura del joven, se asocian con la producción, la circulación y el consumo de significaciones. El problema que se cierne sobre esta mapa semántico en el cual se mueven las culturas juveniles, es que “producir”, “circular” y “consumir”, son sentencias letales para los jóvenes, que ven estrellar sus ilusiones en un

mar turbulento de falta de oportunidades, que por lo general lo condenan a la indigencia.

Pedroza y Villalobos (2006) identifican cuatro aspectos relevantes de lo que denominan la “juventud postmoderna”:

- Territorio movedizo de identidades
- Travesía entre la adaptación y la resistencia activa y pasiva.
- Emprendimiento y empresarialización de la subjetividad
- Rupturas de la felicidad entre el discurso y la realidad

Estos rasgos suponen la configuración de un mundo movedizo, incierto, en el cual cabe todo y nada a la vez, territorios gelatinosos que como las arenas movedizas se tragan y desaparecen a quienes osen pisar sus fronteras variopintas: la indigencia, el consumo de sustancias psicoactivas, el ingreso a bandas delincuenciales, obrarían como claras consecuencias de estos infiernos “post” que tienden su alfombra roja en nuestros países tercermundistas.

En este nicho de incertidumbres, emerge la posibilidad del trayecto, la travesía hacia el territorio de los abismos transitorios en el cual los jóvenes alimentan su rebeldía y su furia creativa, o la simple vuelta de espaldas para ignorar el problema, pues el rompimiento con lo político, la saturación de los grandes ideales lejanos, la fragilidad del proyecto moral de occidente, convergen en la perenne travesía hacia un futuro cuya única certeza es la incertidumbre.

De igual manera –sostiene Maffesoli– lo que llamamos “postmoderno” es simplemente una manera de distinguir la relación existente entre la ética y la estética, que se caracteriza por un conjunto de categorías y de sensibilidades alternativas que prevalecieron durante la modernidad, y que hoy, en su condición de “categoría espiritual”, permiten dar cuenta de la saturación de una episteme. (Maffesoli, 2007)

Si esto es así, los jóvenes no serían sólo el fruto de una nueva sensibilidad per se, fruto del tiempo que les ha correspondido vivir, sino del “modus operandi” de una nueva forma de conocer y producir conocimiento, en el cual, la exclusión actuaría como un elemento más en el complejo engranaje social que deconstruye y reconstruye un nuevo mundo.

## IV. Tensiones y puntos de encuentro

Surge de manera contundente como punto central sobre el cual convergen las fuerzas opuestas entre nuevas sensibilidades y exclusión social, el consumo. Por un lado, el consumo visto como la acción diabólica del mercado y sus catastróficas consecuencias; y por otro el consumo, como una manera de manifestar el joven sus sensibilidades contemporáneas. Y desde ese mismo ámbito, una nueva episteme que enraza sus orígenes en una estética, en el surgimiento de un “homo estheticus”.

La consumación -afirma Maffesoli- por oposición a la simple acción de consumir es eso que han encontrado los etnólogos en diversas culturas, donde no es más lo económico lo que predomina, no es más la economía de sí, ni la economía del mundo:

*Lo que caracteriza ahora al mundo es gastar, el despilfarro de los afectos, el despilfarro de emociones, el desperdicio de los objetos y, finalmente, de las capacidades financieras, (...). Si hay un imaginario del gasto, del despilfarro, del lujo, de eso que yo llamo el consumismo, entonces siempre se encuentra el medio para desperdiciar. Se encuentra siempre lo que es necesario quemar, porque lo propio de la consumación es el hecho de quemar los afectos, quemar los objetos. (Maffesoli, 2004, p. 40)*

Lo cual, según Maffesoli, haría parte de la urdimbre de unas prácticas juveniles que dan cuenta de un cierto salvajismo del mundo, pero que de igual manera provocarían la nueva

vivencia: aquella donde sería posible pensar el conocimiento como un arte. (Maffesoli, 2004)

Es decir, un imperio del consumo que puede leerse como camino expedito hacia la exclusión, pues no todos los jóvenes tienen los medios necesarios para consumir afectos; y el consumo como un camino que abre múltiples posibilidades para la creación, el arte y las nuevas epistemes. El joven consume lo que le apetece, y si el mercado no lo ofrece, su infinita inventiva le propiciaría las herramientas para forjar un nuevo mundo. A mayor exclusión, mayor inventiva. Lo cual no deja de ser una pérfida manera de conformismo a ultranza.

Aparte del consumo como característica importante del mundo postmoderno, Raúl Zarzuri Cortés (2000, p. 12), siguiendo a Maffesoli propone cuatro rasgos básicos de lo que, según estos autores señalan como “neotribalización”:

*a) Comunidades emocionales: lo determinante de este elemento se vincula al carácter predominantemente afectivo/emotivo que se fragua al interior de estas agrupaciones, remodulando — frenando— el imperio de la racionalidad formal —instrumental, productiva y calculabilista— que predomina en la intemperie de las grandes metrópolis contemporáneas.*

*b) Energía subterránea: en este punto la inercia, la verticalidad y la uniformidad que caracteriza al continuum de la sociedad actual se ve resquebrajado por una multiplicidad de léxicos —prácticas sociales polisémicas y alternativas— cuyo contenido se expresa a través de una grupalidad experiencial o un vitalismo que sitúa su flujo más allá del eje individualismo/muchedumbre.*

*c) Sociabilidad dispersa: bajo esta noción lo social emerge como un discurso omnipresente y que se expresa a través de relaciones contractuales urbanas entre individuos —mayoritariamente adultos— que comparten los patrones culturales y sociales definidos por el saber hegemónico (discurso apolíneo). Mientras que soterrada e intersticialmente se abre paso un discurso*

*discontinuo y fragmentario (discurso dionisiaco) —expresión de un saber parcial— que se opone a la lógica dominante, asumiendo estrategias de interacción diversificantes que fundan una nueva socialidad neotribal.*

d) *Fisicidad de la experiencia: el espacio físico —la urbe— se transforma aquí en un factor determinante en la conformación del entramado biográfico intersubjetivo. El espacio como artificio cultural que permite «formatear» la dimensión existencial del ser. Lo significativo aquí parece ser que a mayor globalización y cosmopolitismo metropolitano, mayor será el deseo de identificación espacial localista e intimista. (Zarzuri Cortés, 2000, p. 12)*

Rasgos que cobran su propia vitalidad en el quehacer cotidiano de las nuevas generaciones. Al respecto, Jesús Martín-Barbero sostiene como estos cambios apuntan a la emergencia de sensibilidades “*desligadas de las figuras, estilos y prácticas de añejas tradiciones que definen ‘la cultura’ y cuyos sujetos se constituyen a partir de la conexión/desconexión con los aparatos*”. En la empatía de los jóvenes con la cultura tecnológica, que va de la información absorbida por el adolescente en su relación con la televisión a la facilidad para entrar y manejarse en la complejidad de las redes informáticas, lo que está en juego es una “nueva sensibilidad hecha de una doble complicidad cognitiva y expresiva: es en sus relatos e imágenes, en sus sonoridades, fragmentaciones y velocidades que ellos encuentran su idioma y su ritmo”. (Barbero, 2003, p.4)

Lo cual permite la emergencia de un sensorium nuevo, unos nuevos modos de percibir y de sentir, de oír y de ver, que en muchos aspectos choca y rompe con el sensorium de los adultos:

*Un buen campo de experimentación de estos cambios y de su capacidad de distanciar a la gente joven de sus propios padres se halla en la velocidad y la sonoridad. No solo en la velocidad de los autos, sino en la de las imágenes, en la velocidad del discurso televisivo, especialmente en*

*la publicidad y los videoclips, y en la velocidad de los relatos audiovisuales. Y lo mismo sucede con la sonoridad, con la manera como los jóvenes se mueven entre las nuevas sonoridades: esas nuevas articulaciones sonoras que para la mayoría de los adultos marcan la frontera entre la música y el ruido, mientras para los jóvenes es allí donde empieza su experiencia musical. Una segunda dinámica, que hace parte del ecosistema comunicativo en que vivimos, se anuda pero desborda el ámbito de los grandes medios, se trata de la aparición de un entorno educacional difuso y descentrado en el que estamos inmersos (Barbero, 2003, p. 7).*

Este conjunto de rasgos definen claramente un “cambio de época” en el cual los adultos aun no alcanzan a asimilar porqué los padres ya no son el centro articulador de la formación de los jóvenes, la escuela no es el único lugar para aprender y el libro tampoco es el medio natural para comunicar el conocimiento. Un mundo que se complejiza y donde juegan múltiples variables que para los jóvenes, situados en los márgenes de la sociedad, pese a las diferencias de clase, de género, de emblemas aglutinadores, comparten un conjunto de características que según Reguillo (2003), definen las culturas juveniles en este nuevo siglo:

1. Poseen una conciencia planetaria, globalizada, que puede considerarse como una vocación internacionalista. Nada de lo que pasa en el mundo les es ajeno, se mantienen conectados a través de complejas redes de interacción y consumo.

2. Priorizan los pequeños espacios de la vida cotidiana como trincheras para impulsar la transformación global.

3. Existe un respeto casi religioso por el individuo que se convierte en el centro de las prácticas. Puede decirse que la escala es individuo-mundo y que el grupo de pares no es ya un fin en sí mismo, sino una mediación que debe respetar la heterogeneidad.

4. Selección cuidadosa de las causas sociales en las que se involucran.

5. El barrio o el territorio han dejado de ser el epicentro del mundo.

Con Reguillo (2003) pueden encontrarse puntos de encuentro significativos a la hora de establecer aproximaciones y tensiones entre los discursos sobre exclusión social y los discursos relacionados con las nuevas sensibilidades juveniles: la conciencia planetaria, la priorización de la vida cotidiana, el respeto “religioso” por el individuo, las causas sociales y la emergencia de nuevos territorios; delinea una veta interesante que invita a incursionar en nuevas lecturas sobre el mundo de los jóvenes en estos países signados por la marginalidad y al inequidad social. Es decir, que las nuevas sensibilidades no remiten al vacío de un océano de incertidumbre, por el contrario, de los confines de la propia sensibilidad se tejen nuevas redes sociales que prefiguran una sociedad de otra manera.

## V. A manera de conclusión

Juntar dos categorías en apariencia distantes, no resulta una tarea fácil; sin embargo, constituye un ejercicio motivado por las ricas discusiones que se dieron al interior del proyecto de investigación que indaga sobre las emociones de los profesores de la UFPS. La comprensión de estas emociones requieren una indagación preliminar sobre los sujetos que van a dar la información sobre el objeto del estudio. Por ello, uno y otro concepto ofrecen múltiples posibilidades para la realización del presente trabajo. Del mismo modo, permite una exploración de autores de referencia para el análisis de los datos.

Uno de ellos fue Michel Maffesoli, profesor de sociología en la Sorbona y director del Centro de Estudios sobre lo Actual y lo Cotidiano (CEAQ), autor de varios interesantes publicaciones, entre ellas, *Lógica de la dominación* (1977), *La violencia*

*totalitaria* (1982), *Elogio de la razón sensible* (1997), *El tiempo de las tribus*, y *el Crisol de las apariencias* (2007), entre muchos otros trabajos de inusitado interés para quienes abordamos la categoría “juventud” como objeto de estudio. Maffesoli, es un autor de referencia para investigadores sociales que deseen abordar el presente, y saber cómo descifrar su manifestación más imperceptible y con mucha frecuencia marginal en la reflexión de Occidente: lo frívolo, la emoción, las pasiones, la apariencia, lo cotidiano, entre otros temas marginales de la filosofía tradicional.

Aunque el presente texto no centraliza su reflexión en un autor determinado, el artículo posee un fuerte motivador en el pensamiento de Maffesoli. Desde sus ideas sobre la contemporaneidad, se abordó el diálogo en torno a la tensión entre exclusión social y las nuevas sensibilidades juveniles, y desde allí, poniendo en contexto, la producción de importantes pensadores del tema juvenil como Germán Muñoz, Jesús Martín-barbero, Rossana Reguillo, Edgar Morin, Rodríguez, Gallart y Hopenhayn, entre otros.

De lo anterior se derivó un texto que pretendió la identificación de tensiones y encuentros entre exclusión social y nuevas sensibilidades, pero que sólo alcanza a trazar unas rutas aproximativas a un tema que merece más atención. Sin embargo, el escrito permite una interesante introducción al desarrollo del trabajo para la comprensión de las emociones de los docentes de la UFPS: Las culturas juveniles y el fenómeno de la exclusión, como referentes a la hora de indagar sobre los que estos jóvenes piensan sobre el sentir de sus maestros, y que motivan un nuevo interrogante: ¿qué piensan, qué sienten y que dicen los jóvenes universitarios sobre lo que piensan, sienten y enseñan sus docentes?

## Referencias bibliográficas

- Arango, L. (2004) Jóvenes en la universidad: género, clase e identidad profesional. Bogotá: Siglo del hombre & Universidad Nacional.
- Barbero, Jesús Martín (2003). La educación desde la comunicación, Bogotá, Norma.
- Bisquerra, R. (2003). Educación emocional y bienestar. Barcelona, Praxis.
- Cubides, H. Y otros (editores) (2008). "Viviendo a toda": Jóvenes, territorios culturales y nuevas sensibilidades. Bogotá: Universidad Central (DIUC), Siglo del hombre editores.
- Chabot, D. & Chabot, M. (2009). Pedagogía emocional. México, Alfaomega.
- De la Torre, S. & Moraes, C. (2005). Sentipensar: fundamentos y estrategias para reencantar la educación. Málaga, Aljibe.
- Gallart, M. (2000). Los desafíos de la integración social de los jóvenes pobres. Canadá: CIID.
- Gardner, H. (1994). La teoría de las inteligencias múltiples. México, FCE.
- Goleman, D. (1996). La inteligencia emocional. B. Aires, Javier Vergara editores.
- Grosser Guillé, K. (2000). La juventud como mercancía. Universidad de Costa Rica, Revista electrónica Actualidades investigativas en educación, vol. 06, nº 02.
- Hopenhayn, M. (2004). La juventud en Iberoamérica: tendencias y urgencias, Chile: CEPAL-OIJ.
- Maffesoli, M. (1997). Elogio de la razón sensible, Barcelona, Paidós.
- \_\_\_\_\_, (2004). Juventud: el tiempo de las tribus y el sentido nómada de la existencia, México, Revistas de estudios sobre juventud, Nº 20, pp. 28-41.
- \_\_\_\_\_, (2007). En el crisol de las apariencias, Madrid, Siglo XXI.
- Melucci, A. (2001). Vivencia y convivencia; teoría social para una era de la información, Madrid, Trotta.
- Morin, E. (2001). Los siete saberes necesarios del futuro, Bogotá, Magisterio.
- Muñoz, G. (2002). Temas y problemas de los jóvenes en Colombia al comenzar el siglo XXI, U. De Manizales-CINDE, Revista latinoamericana de ciencias sociales.
- \_\_\_\_\_, (2006). La comunicación en los mundos de vida juveniles: hacia una ciudadanía comunicativa, tesis doctoral, Universidad de Manizales-CINDE.
- Pedroza, R. y Villalobos, G. (2000). Entre la modernidad y la postmodernidad: jóvenes y educación superior, México, Educere, año 10, Nº 34, pp. 405-413.
- Reguillo, R. (2008). Emergencia de culturas juveniles: estrategias del desencanto, Bogotá, Norma.
- \_\_\_\_\_, (2003). Las culturas juveniles, Revista brasilera de educación Nº 23.
- \_\_\_\_\_, (2001). La gestión del futuro, México, Revista de estudios sobre juventud, año 05, Nº 15, pp. 6-25.
- Rodríguez, E. (2002). Juventud, desarrollo social y políticas públicas en América Latina, Costa Rica, FLACSO. Recuperado de internet el 3 de noviembre de 2012 de: [www.uia.mx/campus/publicaciones/jóvenes/pdf/epieck2.pdf](http://www.uia.mx/campus/publicaciones/jóvenes/pdf/epieck2.pdf)

Sojo, C. (2000). Exclusión social y reducción de la pobreza en América Latina y el Caribe, Costa Rica, FLACSO.

Zarzuri, R. (2000). Culturas juveniles, revista última Década, N<sup>o</sup> 13, pp. 81-96.



## 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:

