

INGENIERIA Y DESARROLLO

Presentación
Presentation

Editorial
Tendencias en el Desarrollo Social y Económico en Relación al Transporte Aéreo, Aerotropolis
Trends in Social and Economic Development in Relation to Air Transport, Aerotropolis
Ing. Juan Felipe Correa Escobar

Artículos de resultados de Investigación Científica y Tecnológica

Sistema Meteorológico con Comunicación Remota Usando Zigbee
Meteorological System with Remote Communication Using Zigbee
MSc. Edward Jhohan Marín García, José Neftalí Torres Marín, MSc. Andrés Felipe Serna Ruiz

Estudio Del Comportamiento de Muestras de Mortero Natural Sometidas a Esfuerzo de Compresión
Performance of Natural Mortar Samples Subject to Compression Strength Tests
MSc. Julián Alberto Patiño Murillo, Jorge Iván Leal Santafé, Yessenia Carolina Gutiérrez Sandoval, MSc. John Jairo Castro Maldonado, Oswaldo Hurtado Figueroa

Reconocimiento de Rostros en Tiempo Real sobre Dispositivos Móviles de Bajo Costo
Real Time Face Recognition on Low-Cost Mobile Devices
MSc. Alexander Cardona López, MSc, Franklin Pineda Torres

Frameworks para el desarrollo de prototipos WEB: Un caso de aplicación
Frameworks for the development of WEB prototypes: An application case
MSc. Víctor Daniel Gil Vera, Juan Carlos Gil Vera, Claudio Rogerio Gomes Da Silva, Jule Teutsch

Optimización de la inyección de potencia desde micro generación distribuida en sistemas eléctricos de distribución de baja tensión. Desarrollos teóricos de un modelo hiperheurístico
Optimization of power injection by micro distributed generation in low voltage electrical distribution systems. Theoretical developments of a hyperheuristic model
PhD. Gustavo Alejandro Schweickardt

Computación en la Nube: Estudio de Herramientas Orientadas a la Industria 4.0
Computing in the Cloud: Study of Tools Oriented to Industry 4.0
PhD. Javier Darío Fernández Ledesma, Luis Felipe Ortiz Clavijo, MSc. Carlos Julián Gallego Duque, Santiago Cadavid Nieto

Artículos de reporte de caso y/o divulgación

Evaluación del Aprendizaje Basado en Problemas en Ingeniería
Learning Evaluation Based on Engineering Problems
MSc. José Eucario Parra Castrillón, MSc. Carlos Arturo Castro Castro, MSc. Mauricio José Amariles Camacho

Impacto de los Proyectos Universitarios en la Planeación Local, El Hábitat Rural y el Desarrollo Agropecuario Local del Municipio Camajuani, Cuba
Impact of Projects in Local Planning, Rural Habitat and Local Agricultural Development of Camajuani Municipality, Cuba
MSc. Carlos Alberto Hernández Medina, MSc. Magdalys Alibet Carrasco Fuentes, MSc. Alexander Báez Hernández

Lámpsakos

N°. 20, julio-diciembre de 2018

ISSN (En línea): 2145-4086

Contacto editorial

Fondo Editorial Universidad Católica Luis Amigó.

Jefe Departamento de Fondo Editorial

Carolina Orrego Moscoso

Diagramación y diseño

Arbey David Zuluaga Yarce

Corrector de estilo

Jorge Andrés Cock Ramírez

Traductor

Jorge Andrés Cock Ramírez

Cra 67A #51 14, Of.205. Medellín, Antioquia, Colombia. Tel:
(574) 460 71 04 (Departamento de Fondo Editorial).
www.ucatolicaluisamigo.edu.co–fondo.editorial@amigo.edu.co

Hecho en Colombia / Made in Colombia.

INSTITUCION FINANCIADORA Y PATROCINADORA:

UNIVERSIDAD CATÓLICA LUIS AMIGÓ

Rector

Padre Carlos Enrique Cardona Quiceno

Vicerrectora de Investigaciones

Isabel Cristina Puerta Lopera

Director de la facultad de Ingeniería y Arquitectura

Ramiro Antonio Giraldo Escobar

Coordinadores de Programas

Ingeniería de Sistemas

Ramiro Antonio Giraldo Escobar

Ingeniería Civil

Carlos Augusto Portilla Cubillos

Ingeniería Industrial

Lucy Ocampo Jiménez

Arquitectura

Amilkar David Álvarez Cuadrado

DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/issn.2145-4086>



La revista y los textos individuales que en esta se divulgan están protegidos por las leyes de copyright y por los términos y condiciones de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Sin Derivar 4.0 Internacional. Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden encontrarse en <http://www.funlam.edu.co/modules/fondoeditorial/>
Derechos de autor. El autor o autores pueden tener derechos adicionales en sus artículos según lo establecido en la cesión por ellos firmada.

LÁMPSAKOS

Director de la revista

Jorge Andrés Cock Ramírez, MSc.
Universidad Católica Luis Amigó, Medellín, Colombia

Comité Científico

Marcelo Becker, Ph.D.
Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, Brasil
José María Yusta-Loyo, Ph.D.
Universidad de Zaragoza (Unizar), España
Gustavo Alejandro Schweickardt, Ph.D.
Universidad Tecnológica Nacional, Concepción del Uruguay, Argentina
Bizuayehu Abebe-Worke, Ph.D.
Universidade da Beira, Covilhã, Portugal
Aldo Pardo-García, Ph.D.
Universidad de Pamplona, Norte de Santander, Colombia
Marta Silvia Tabares-Betancur, Ph.D.
Universidad EAFIT, Medellín, Colombia
Yuri Ulianov-López, Ph.D.
Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia
Andrés Felipe Agudelo-Santamaría, Ph.D.
Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Comité Editorial

Rubén Ángel Galindo-Aires, Ph.D.
Universidad Politécnica de Madrid (UPM), España
Giner Alor-Hernández, Ph.D.
Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz, México
Óscar Sapena-Vercher, Ph.D.
Universidad Politécnica de Valencia (UPV), España
Amit Chaudhry, Ph.D.
Institute of Engineering and Technology, Panjab University, Chandigarh, India
Luis Fernando Garcés-Giraldo, Ph.D.
Corporación Universitaria Lasallista, Caldas (Ant), Colombia
Nazly E. Sánchez-Peña, Ph.D.
Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Popayán, Colombia
Nourou Khalidou Dia, Ph.D.
Université des Sciences, Technologies et de Médecin, Nouakchott, Mauritania
Henry Alonso-Colorado, Ph.D.
Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia
Julián Alberto Patiño-Murillo, Ph.D(c)
Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

Comité de Árbitros de la Edición

José Valentín Restrepo Laverde, MsC.
Universidad Pontificia Bolivariana, UPB Medellín, Colombia
Uriel Zapata, Ph.D.
Universidad EAFIT, Medellín, Colombia
Sara Aguilar Sierra, Ph.D.
Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia
Héctor Dulce Moreno, Ph.D.
Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia
Ruth Osorio Gutiérrez, Esp.
Centro De Servicios y Gestion Empresarial Sena, Medellín, Colombia
Gabriel Jaime Correa Henao, Ph.D.
Sedic S.A., Medellín, Colombia
Sebastián Arias Giraldo, MsC.
Universidad Católica Luis Amigó, Medellín, Colombia
Jorge Mauricio Sepúlveda Castaño, MsC.
Corporación Universitaria Remington, Medellín, Colombia
Mariana Evangelina Cóccola, Ph.D.
National Scientific and Technical Research Council, Conicet, Buenos Aires, Argentina
Lina María Montoya Suárez, MSc.
Universidad Católica Luis Amigó, Medellín, Colombia
John Jairo Silva Zuluaga, MsC.
Universidad EAFIT, Medellín, Colombia
Julio Cesar Rodriguez Correa, Ph.D.
Universidad Pontificia Bolivariana, UPB Medellín, Colombia

Presentación de la revista

La revista Lámpsakos es una publicación patrocinada por la Facultad de Ingenierías y Arquitectura de la Universidad Católica Luis Amigó, Medellín, Colombia. Tiene por objetivo divulgar artículos originales e inéditos como resultados de investigación científica y tecnológica de las áreas de ingenierías. Fundada en 2009, la revista tiene una periodicidad semestral (se publica en junio y diciembre) con alcance nacional e internacional, tiene circulación en línea de libre acceso, bajo estándares de rigor científico y de calidad editorial.

Los temas tratados en la revista se dirigen a todas las personas de los espacios académicos, investigativos, científicos y profesionales de los diferentes sectores educativos, productivos y empresariales que desarrollan sus actividades en torno a la ingeniería.

Los trabajos que publica corresponden a aspectos de desarrollo científico, profesional y tecnológico en áreas como ingeniería informática, sistemas de información, ingeniería de requerimientos, ingeniería electrónica, ingeniería eléctrica, sistemas inteligentes, control, automatización y robótica, ciber-seguridad, ingeniería ambiental, gestión de recursos hidráulicos, gestión del agua, eficiencia energética, simulación de sistemas, investigación de operaciones, gestión del conocimiento en ingeniería, educación en ingeniería, gerencia de proyectos, control de procesos, química, desarrollo de materiales, termodinámica, mercados de la energía, física, nanotecnología, estrategias de mantenimiento industrial, modelos computacionales, urbanismo y paisajismo arquitectónico.

El proceso de publicación es gratuito y no tiene costo alguno para el autor.

Introduction to the Journal

Lámpsakos journal is a publication sponsored by the Faculty of Engineering and Architecture of the Luis Amigó Catholic University, in the city of Medellín, Colombia. It aims to divulge original and unpublished articles as a result of scientific and technological research in the areas of engineering. It is published twice a year (issued in June and December) with national and international coverage. The journal is a free access online magazine, published under standards of scientific rigor and editorial quality.

Topics covered in the journal are addressed to all persons in academic, researching, scientific and professional areas from different educational and productive sectors and firms whose activities are performed on engineering.

The journal publishes papers of scientific, professional and technological fields such as: computer science, information systems, software requirements, electronics engineering, electrical engineering, intelligent systems, control, automation and robotics, cyber security, environmental engineering, water resources management, water management, energy efficiency, system simulation, operations research, engineering knowledge management, education, engineering, project management, process control, chemistry, materials development, thermodynamics, energy markets, physics, nanotechnology, industrial maintenance strategies, computational models, urbanism and architecture.

The publication process is free and do not demand any payment to the author.

Edición

Universidad Católica Luis Amigó.

Solicitud de canje

Biblioteca Vicente Serer Vicens. Universidad Católica Luis Amigó. Medellín, Antioquia, Colombia.

Para sus contribuciones

lampsakos@amigo.edu.co
<http://www.funlam.edu.co/lampsakos>

Patrocinado por la Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad Católica Luis Amigó.
Cra 67A #51 14, Of.205.
Medellín, Antioquia, Colombia.

Los autores son moral y legalmente responsables del contenido de sus artículos, así como del respeto a los derechos de autor. Por tanto, estos no comprometen en ningún sentido a la Revista Lámpsakos ni a la Universidad Católica Luis Amigó.

La reproducción de los artículos se regirá conforme a lo descrito en Creative Commons Colombia.
<http://co.creativecommons.org>

CONTENIDO

Presentación	6
Editorial	
Tendencias en el Desarrollo Social y Económico en Relación al Transporte Aéreo, Aerotropolis	9
<i>Ing. Juan Felipe Correa Escobar</i>	
Artículos de resultado de Investigación Científica y Tecnológica	12
Sistema Meteorológico con Comunicación Remota Usando Zigbee	13
<i>MSc. Edward Jhohan Marín García, José Neftalí Torres Marín, MSc. Andrés Felipe Serna Ruiz</i>	
Estudio Del Comportamiento de Muestras de Mortero Natural Sometidas a Esfuerzo de Compresión.....	22
<i>MSc. Julián Alberto Patiño Murillo, Jorge Iván Leal Santafé, Yessenia Carolina Gutiérrez Sandoval, MSc. John Jairo Castro Maldonado, Oswaldo Hurtado Figueroa</i>	
Reconocimiento de Rostros en Tiempo Real sobre Dispositivos Móviles de Bajo Costo	30
<i>MSc. Alexander Cardona López, MSc, Franklin Pineda Torres</i>	
Frameworks para el desarrollo de prototipos WEB: Un caso de aplicación	40
<i>MSc. Víctor Daniel Gil Vera, Juan Carlos Gil Vera, Claudio Rogerio Gomes Da Silva, Jule Teutsch</i>	
	54
Optimización de la inyección de potencia desde micro generación distribuida en sistemas eléctricos de distribución de baja tensión. Desarrollos teóricos de un modelo hiperheurístico	55
<i>PhD. Gustavo Alejandro Schweickardt</i>	
Computación en la Nube: Estudio de Herramientas Orientadas a la Industria 4.0.....	68
<i>PhD. Javier Darío Fernández Ledesma, Luis Felipe Ortiz Clavijo, MSc. Carlos Julián Gallego Duque, Santiago Cadavid Nieto</i>	
Artículos de reporte de caso y/o divulgación	
Evaluación del Aprendizaje Basado en Problemas en Ingeniería.....	77
<i>MSc. José Eucario Parra Castrillón, MSc. Carlos Arturo Castro Castro, MSc. Mauricio José Amariles Camacho</i>	
Impacto de los Proyectos Universitarios en la Planeación Local, El Hábitat Rural y el Desarrollo Agropecuario Local del Municipio Camajuaní, Cuba.....	87
<i>MSc. Carlos Alberto Hernández Medina, MSc. Magdalys Alibet Carrasco Fuentes, MSc. Alexander Báez Hernández</i>	
Guía para los autores	97

CONTENTS

Presentation	7
Editorial	
Trends in Social and Economic Development in Relation to Air Transport, Aerotropolis	9
<i>Ing. Juan Felipe Correa Escobar</i>	
Articles of results of Scientific and Technological Research	12
Meteorological System with Remote Communication Using Zigbee	13
<i>MSc. Edward Jhohan Marín García, José Neftalí Torres Marín, MSc. Andrés Felipe Serna Ruiz</i>	
Performance of Natural Mortar Samples Subject to Compression Strength Tests.....	22
<i>MSc. Julián Alberto Patiño Murillo, Jorge Iván Leal Santafé, Yessenia Carolina Gutiérrez Sandoval, MSc. John Jairo Castro Maldonado, Oswaldo Hurtado Figueroa</i>	
Real Time Face Recognition on Low-Cost Mobile Devices	30
<i>MSc. Alexander Cardona López, MSc, Franklin Pineda Torres</i>	
Frameworks for the development of WEB prototypes: An application case	40
<i>MSc. Víctor Daniel Gil Vera, Juan Carlos Gil Vera, Claudio Rogerio Gomes Da Silva, Jule Teutsch</i>	
	54
Optimization of power injection by micro distributed generation in low voltage electrical distribution systems. Theoretical developments of a hyperheuristic model	55
<i>PhD. Gustavo Alejandro Schweickardt</i>	
Computing in the Cloud: Study of Tools Oriented to Industry 4.0.....	68
<i>PhD. Javier Darío Fernández Ledesma, Luis Felipe Ortiz Clavijo, MSc. Carlos Julián Gallego Duque, Santiago Cadavid Nieto</i>	
Review articles and state of the art	
Learning Evaluation Based on Engineering Problems	77
<i>MSc. José Eucario Parra Castrillón, MSc. Carlos Arturo Castro Castro, MSc. Mauricio José Amariles Camacho</i>	
Impact of Projects in Local Planning, Rural Habitat and Local Agricultural Development of Camajuaní Municipality, Cuba	87
<i>MSc. Carlos Alberto Hernández Medina, MSc. Magdalys Alibet Carrasco Fuentes, MSc. Alexander Báez Hernández</i>	
Guide for authors	97

Presentación

Es muy grato presentar el volumen 20 de la revista de la facultad de ingenierías y arquitectura, *Lámpsakos*, publicación semestral que tiene como propósito difundir conocimiento científico en todas las ramas de la ingeniería, en un contexto académico, científico y empresarial, a nivel nacional e internacional.

En el presente número contamos con una interesante reflexión en la editorial, dos artículos de resultados de investigación, dos de reflexión analítica e interpretativa, dos artículos de revisión y estado del arte y dos de reporte de caso y/o divulgación.

En la editorial, el Ingeniero **Juan Felipe Correa**, hace una reflexión acerca del transporte aéreo y las megatendencias en torno al desarrollo alrededor de los aeropuertos como motor de desarrollo, en grandes estructuras llamadas Aerotrópolis.

En primer artículo de resultados de investigación científica o tecnológica el **MSc. Edward Marín**, el **MSc. Andrés F. Serna**, y **José Torres**, de la Universidad del Valle, en Cartago Colombia, exponen el resultado de un proyecto de desarrollo consistente en la implementación de una estación meteorológica para medición de la velocidad del viento, precipitación de lluvia, temperatura y humedad relativa del ambiente en el lugar y de forma remota, utilizando tecnología Arduino y Xbee.

En un segundo artículo de investigación, el **MSc. Julián Patiño**, **Yessenia Gutiérrez**, **Jorge Leal**, **MSc. John J. Castro** y **Oswaldo Hurtado**, del Sena de Medellín y Cúcuta y de la Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia, presentan el resultado de un estudio del comportamiento de muestras de mortero natural sometidas a esfuerzo de compresión, altamente útil para la ingeniería de país en construcción.

En un primer artículo de reflexión analítica, el **MSc. Alexander Cardona**, y el **MSc. Franklin Torres** de la Universidad Autónoma de Colombia, Bogotá, Colombia, abordan el tema del reconocimiento de rostros en tiempo real sobre dispositivos móviles de bajo costo, probando algunos de los métodos más conocidos y realizando una descripción de los principales algoritmos utilizados.

En un segundo artículo de reflexión analítica, el **Msc. Victor Gil** de la Universidad Católica Luis Amigó, Medellín Colombia, **MSc. Claudio Gomes** de la Universidade Federal do Pará, Belén, Brasil, **Juan Carlos Gil**, de la Universidad Nacional de Colombia, Medellín, y **Jule Teutsch**, de la University of Hildesheim, Alemania,

presentan el desarrollo e implementación de un prototipo web que maneja el dominio de los cursos y los docentes del Departamento de Ciencias de la Computación y la Decisión de la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, con el Framework PISIS y programación orientada a objetos en PHP.

En un primer artículo de revisión y estado del arte, el **PhD. Gustavo Schweickardt**, de la Universidad Tecnológica Nacional, Concepción del Uruguay, Argentina, aborda el tema de la optimización de la inyección de potencia desde la micro generación distribuida en sistemas eléctricos de distribución de baja tensión, revisando el desarrollo teórico de un modelo hipereurístico focalizándose sobre los Paneles Solares Fotovoltaicos.

En un segundo artículo de revisión y estado del arte, **Luis Ortiz**, **PhD. Javier Fernandez**, **Santiago Cadavid** y **MSc. Carlos Gallego**, de la Universidad Autónoma Latinoamericana, Medellín, Colombia, abordan el tema de la computación en la Nube, y sus ventajas, revisando herramientas orientadas a la industria 4.0

En un primer artículo de reporte de caso, los **MSc. José Eucario Parra**, **Carlos Castro** y **José Amariles**, abordan el tema de un proyecto relacionado con el la evaluación del Aprendizaje Basado en Problemas, donde hacen una revisión teórica, y diseñan un instrumento que es aplicado a docentes y estudiantes de la Universidad de San Buenaventura y a UNISABANETA, validando los resultados respecto a los referentes teóricos antes obtenidos.

En un segundo artículo de reporte de caso, los **MSc. Carlos Hernández**, **Magdalys Carrasco** del Centro Universitario Municipal Camajuaní, Villa Clara, Cuba y **Alexander Báez**, de la Universidad Nacional de Ecuador, Quito, exponen el caso de cómo contribuyen los proyectos al fortalecimiento del Desarrollo Agropecuario Local de un municipio cubano, caso interesante desde el punto de vista de ingeniería agrícola, para el desarrollo de una región.

Con estos artículos tenemos la confianza de que estamos generando espacios para el debate investigativo y académico. Les invitamos a su lectura.

Jorge Andrés Cock Ramírez
Editor de la Revista

Presentation

It is very pleasant to present volume 20 of the Journal of the faculty of engineering and architecture, Lámpsakos, biannual publication that aims to disseminate scientific knowledge in all branches of engineering, in an academic, scientific and business context, at national and international level.

In this issue we have an interesting reflection in the editorial, two articles of research results, two analytical and interpretative reflection articles, two review articles and state of the art and two case report and / or disclosure articles.

In the editorial, Engineer **Juan Felipe Correa** talks about air transport and megatrends around the development around airports as a development factor, in large structures called Aeroropolis.

In first article of results of scientific or technological research, the **MsC. Edward Marín**, the **MsC. Andrés F. Serna**, and **José Torres**, from Universidad del Valle, in Cartago, Colombia, present the result of a development project consisting of the implementation of a meteorological station to measure wind speed, rainfall, temperature and humidity relative to the environment in the place and remotely, using Arduino and Xbee technology.

In a second research article, the **MsC. Julián Patiño**, **Yessenia Gutiérrez**, **Jorge Leal**, **MsC. John J. Castro** and **Oswaldo Hurtado**, of the SENA, Medellín and Cúcuta and of the Francisco de Paula Santander University, Cúcuta, Colombia, present the result of an study of the behavior of samples of natural mortar submitted to compression test, highly useful for the engineering of country under construction.

In a first article of analytical reflection, the **MsC. Alexander Cardona**, and the **MsC. Franklin Torres** of the Autonomous University of Colombia, Bogotá, Colombia, addresses the topic of face recognition in real time on low-cost mobile devices, testing some of the most well-known methods and making a description of the main algorithms used.

In a second article of analytical reflection, the **Msc. Victor Gil** from Luis Amigó Catholic University, Medellín Colombia, **MsC. Claudio Gomes** of the Universidade Federal do Pará, Belén, Brazil, **Juan Carlos Gil**, of the National University of Colombia, Medellín, and **Jule Teutsch**, of the University of Hildesheim, Germany,

present the development and implementation of a web prototype that manages the courses and teachers of the Department of Computer Science and Decision, of the Faculty of Mines, National University of Colombia, with the PISIS Framework and object-oriented programming in PHP.

In a first review article and state of the art, the **PhD. Gustavo Schweickardt**, from the National Technological University, Concepción del Uruguay, Argentina, addresses the issue of the optimization of power injection from distributed micro-generation in low-voltage electrical distribution systems, reviewing the theoretical development of a hypereuristic model focusing on Solar Photovoltaic Panels.

In a second review article and state of the art, **Luis Ortiz**, **Phd. Javier Fernandez**, **Santiago Cadavid** and **MsC. Carlos Gallego**, from the Universidad Autónoma Latinoamericana, Medellín, Colombia, addresses the issue of Cloud Computing, and its advantages, reviewing tools oriented to the industry 4.0

In a first case report article, the MsC, José Eucario Parra, Carlos Castro and José Amariles, address the theme of a project related to the evaluation of Problem Based Learning, where they make a theoretical review, and design an instrument that It is applied to teachers and students of the University of San Buenaventura and UNISABANETA, validating the results with respect to the theoretical references previously obtained.

In a second case report article, the **MsC. Carlos Hernandez**, **Magdalys Carrasco** of the Camajuaní Municipal University Center, Villa Clara, Cuba and **Alexander Baez**, of the National University of Ecuador, Quito, present the case of how the projects contribute to the strengthening of the local agricultural development of a Cuban municipality, an interesting case since the point of view of agricultural engineering, for the development of a region.

With these articles, we are confident that we are generating spaces for the research and academic debate. We invite you to read it.

Jorge Andrés Cock Ramírez
Editor of the Journal

EDITORIAL





Tendencias en el Desarrollo Social y Económico en Relación al Transporte Aéreo, Aerotrópolis

Trends in Social and Economic Development in Relation to Air Transport, Aerotropolis

Ing. Juan Felipe Correa Escobar

Gerente Vortex Deflector

jcorrea@vortexdeflector.com

(Recibido el 01-06-2018, Aprobado el 13-06-2018, Publicado el 03-07-2018)

Estilo de Citación de Artículo:

J. F. Correa E., "Tendencias en el desarrollo social y económico en relación al transporte aéreo, Aerotrópolis", Lámpsakos, no. 20, pp 9-11, 2018

DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2933>

EDITORIAL

La sociedad que conocemos, es el fruto de la interacción del hombre con el entorno, donde sus recursos y la forma de aprovecharlos, de transformar la naturaleza y establecer lazos con otras comunidades termina por perfilar el desarrollo, la economía, la cultura y un sinfín de características que han creado un orden mundial.

En el siglo 18 las cuencas, los recursos hidrológicos definían la ubicación de las ciudades, de los centros de comercio, del traspaso de conocimientos y del destino de naciones enteras. Luego en el siglo 19 los centros de negocios crecieron en torno a los ferrocarriles, el siglo 20 fue el de las autopistas. Hoy en día este fenómeno continúa dándose, pero con las transformaciones que el hombre ha dado al mundo, gracias al ingenio y la búsqueda del desarrollo, donde la tecnología ha superado fronteras, la información se convirtió en el nuevo elemento de poder económico y el transporte aéreo en un dinamizador sin referentes. Entra a jugar entonces la palabra conectividad, como un catalizador global.

El avance del motor jet a mediados del siglo 20, permitió reducir los tiempos de vuelo, aumentar la capacidad de carga y la confiabilidad, en el siglo 21 la tecnología llevo el transporte aéreo a un nivel que está transformando aún más rápido nuestra sociedad, donde la impresión 3D entrega mejores componentes para los motores jet, la electrónica y el software evolucionaron la navegación aérea con conexión satelital, en un círculo virtuoso de progreso que hace que el costo y disponibilidad del transporte de pasajeros y mercancías se reduzca a niveles antes soñados. Internet nos conecta y con la aviación moderna ponen el concepto de aldea global, de ciudadano del mundo en el lenguaje cotidiano.

En esta ecuación de tecnologías, de innovación en comunicación, conectividad, entra un elemento de vital importancia, el aeropuerto, el lugar que permite que un nuevo ritmo de vida y profesiones se desarrollen. El profesor John D Kasarda acuña entonces una palabra que reúne lo anteriormente descrito en Aerotrópolis [1], [2], donde un nuevo orden urbano dice que las ciudades y los aeropuertos se construyen el uno en torno al otro, una simbiosis para la conectividad, para las

empresas sensibles al manejo del tiempo, en toda la cadena de manufactura, producción, distribuidores y centros de negocios. Nuevas potencias en industrias de turismo, de floricultura, de centros de mercado se revelan como motores de calidad de vida y desarrollo social y económico.

Los aeropuertos se perfilan entonces como anclas de desarrollo metropolitano, donde los negocios orientados a la actividad aeronáutica son irradiados en relación al alcance de las vías terrestres de transporte, el termino Aerotrópolis se extiende a aproximadamente 30 km, el profesor Kasarda dice “De forma análoga a la metrópolis tradicional compuesta por una ciudad central y sus anillos de suburbios conectados, la Aerotrópolis consiste en una ciudad de aeropuerto y corredores periféricos y grupos de negocios vinculados a la aviación y desarrollo residencial asociado que se alimentan unos de otros y su accesibilidad al aeropuerto.

Varios de estos clusters, como Amsterdam Zuidas, Las Colinas, Texas, y el Distrito Comercial Internacional Songdo de Corea del Sur se han convertido en ciudades aeroportuarias de importancia mundial que representan el megadesarrollo urbano posmoderno planificado en la era de Aerotrópolis”.

La Asociación Internacional de Transporte Aéreo IATA, dijo en Génova en octubre de 2017, que la proyección global en el flujo de pasajeros llegará a 7.8 billones en 2036, casi el doble de los 4 billones globales de 2017, con un crecimiento promedio del 3.6% anual [3].

La Aeronáutica civil de Colombia Aerocivil, realizo recientemente un foro para articular los esfuerzos para planificar la aviación civil hacia 2030 [4]. Pues las proyecciones de la asociación mundial de aeropuertos, (ACI) dicen que Colombia ocupa el cuarto lugar entre los países que tienen el mayor crecimiento de pasajeros a 2040, por encima de economías tan dinámicas como Emiratos Árabes Unidos, Arabia Saudí, China.

Una serie de riesgos, oportunidades y retos a la sostenibilidad se presentan en torno a poder maximizar los posibles beneficios que la aviación irradia a toda la economía. Uno de estos riesgos es la brecha de 1000 millones de pasajeros que no podrían ser atendidos si los niveles de eficiencia y capacidad aeroportuaria continúan el ritmo de crecimiento actual, frente al frenético aumento de capacidad de aeronaves o sillas disponibles. China enfrenta demoras superiores a 43 minutos, posicionándola como la numero 1 en este problema de capacidad, no obstante, durante la década

pasada se abrieron aproximadamente 10 nuevos aeropuertos cada año. Recurriendo a construcciones magnificas con la mejor tecnología [5].

El pronóstico del crecimiento en América Latina y el Caribe en los próximos años es del 2,2% pero puede ser más positivo si el clima político y económico sigue al alza, esto es casi triplicado por las tasas de la demanda aérea que esta entre el 5 y el 7%. Es decir que las economías, las tecnologías y las actividades enfocadas en aprovechar o mejorar el transporte aéreo podrían estar ligadas a un éxito rotundo.

Las aerolíneas pueden crecer en flota, con aviones más grandes, más potentes que pueden satisfacer la demanda, sin embargo, los aeropuertos tienden a la sobre saturación y al colapso en temporada pico, invernal, etc.

El llamado a aportar en el desarrollo de la ingeniería, de la ciencia y de la innovación para atender las enormes oportunidades es urgente, no solo para apropiar las tecnologías foráneas, también para desarrollar las autóctonas, ajustadas a las especificidades locales. Desde la salida del viajero desde su casa u hotel hacia el aeropuerto, durante su paso por la terminal aérea, en la aeronave que enciende motores y espera el turno para usar la pista, fases de vuelo y en fin el ciclo completo en el que el viajero culmina su tránsito en el destino final.

Las oportunidades están en bandeja de plata si la ciencia y tecnología, la formación para proveer personal capacitado, esfuerzos por reducción de emisiones de CO2 o en ruido, en fin en aportes a las sostenibilidad o aeropuertos 4.0, que aminoren los conflictos con comunidades vecinas y llevando a sinergias de impacto social están sobre la mesa, un ejemplo de una industria no aeronáutica y altamente beneficiada del transporte aéreo es el de las flores colombianas, que exporta cerca de 240.000 toneladas anuales a 98 países. Ni hablar del potencial en turismo en generación de empleo, inversión y calidad de vida, el comercio electrónico, turismo en servicios de salud, etc. Actividades de alto valor agregado, y aptas para crear economías circulares.

REFERENCIAS

- [1] J.D. Kasarda, “About the Aerotropolis”, [Online]. Available on: <http://aerotropolis.com/airportcity/index.php/about/>

- [2] J. D. Kasarda and G. Lindsay, *Aerotropolis: The Way We'll Live Next*. Farrar, Straus and Giroux, 2011.
- [3] IATA, "2036 Forecast Reveals Air Passengers Will Nearly Double to 7.8 Billion", Press Release No.: 55, Oct-24, 2017. [Online]. Available on: <https://www.iata.org/pressroom/pr/Pages/2017-10-24-01.aspx>
- [4] Aeronautica Civil, Unidad administrativa especial, "La Aeronáutica Civil articula esfuerzos para planificar la aviación civil hacia el 2030", abr-4, 2018. [En Línea]. Disponible en: <http://www.aerocivil.gov.co/prensa/noticias/Pages/la-aeronautica-civil-articula-esfuerzos-para-planificar-la-aviacion-civil-hacia-el-2030.aspx>
- [5] "Why China leads the world in flight delays", *The Economist Group Limited*, Daily chart, Oct-30, 2017. [Online]. Available on: <https://www.economist.com/graphic-detail/2017/10/30/why-china-leads-the-world-in-flight-delays>

**Artículos de resultados de investigación
científica y tecnológica**





Sistema Meteorológico con Comunicación Remota Usando Zigbee

Meteorological System with Remote Communication Using Zigbee

Edward Jhohan Marín García, MsC

*Universidad de Valle
Cartago, Colombia*

marin.edward@correounivalle.edu.co

José Neftalí Torres Marín

*Universidad de Valle
Cartago, Colombia*

neftali.torres@correounivalle.edu.co

Andrés Felipe Serna Ruiz, MsC

*Universidad de Valle
Cartago, Colombia*

andres.felipe.serna@correounivalle.edu.co

(Recibido el 06-02-2018, Aprobado el 25-05-2018, Publicado el 03-07-2018)

Estilo de Citación de Artículo:

E. J. Marín, J. Torres, A.F. Serna, "Sistema meteorológico con comunicación remota usando Zigbee", Lámpsakos, no. 20, pp 13-21, 2018
DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2855>

Resumen: El presente artículo presenta la implementación de una estación meteorológica la cual permite observar en el lugar de medición y de forma remota, el cambio de las distintas variables climáticas como: la velocidad del viento, precipitación de lluvia, temperatura y humedad relativa del ambiente. Inicialmente se hace la respectiva caracterización de los sensores utilizados, para el caso, el anemómetro, pluviómetro y el termo higrómetro, por medio de un patrón y las especificaciones dadas por el fabricante. Estos datos son representados gráficamente generando la ecuación de tendencia, evaluada con su correlación correspondiente. Seguidamente del proceso de caracterización, por medio de la plataforma Arduino, se programa la lectura de los sensores e igualmente el envío inalámbrico de datos por medio de módulos Xbee, Zigbee. Como proceso final, los datos son visualizados en una pantalla de cristal líquido ubicada en la estación meteorológica y en el receptor por medio de un ordenador previamente configurado.

Palabras clave: Arduino, Estación Meteorológica, Zigbee.

Abstract: This paper shows a weather station implementation which allows to watch, at the measurement site and remotely, different weather variables like wind speed, rain precipitation and Humidity. Initially, the sensors, such as the anemometer, pluviometer and thermo-hygrometer, were characterized by using a pattern and the specification given by the manufacturer. This data is represented graphically to obtain the trend equation, the later tested with its corresponding correlation. Following the characterization process, the sensors reading algorithm was programmed in an Arduino. At the same time, the data was send wirelessly through

Xbee, Zigbee module. Finally, the values are shown in a liquid crystal screen located in the weather station and also is shown in the receptor through a computer previously configured.

Keywords: Arduino, weather station, Zigbee.

1. INTRODUCCIÓN

Una estación meteorológica es un equipo utilizado para la medición y registro de variables climatológicas, cuyos datos se utilizan para la predicción de cambios del medio ambiente y a partir de estos tomar las respectivas prevenciones. También es utilizada para estudios atmosféricos en regiones donde el cambio climático hace parte del proceso agrícola.

Las precipitaciones, el viento, la humedad y la temperatura son variables usuales de una medición del medio ambiente, las cuales se interpretan por medio de modelos matemáticos generados de un proceso de caracterización. Estos modelamientos pueden ser representados por medio de datos numéricos o imágenes gráficas.

Este desarrollo tecnológico permite a las instituciones, empresas y en general a aquellas entidades que requieren medir microclimas, visualizar y registrar continuamente las variables

enumeradas en un centro de mando remoto. Discernir los cambios atmosféricos que inciden directamente en el sitio de la instalación, por medio del acceso remoto a los datos, puede servir de insumo para trabajos relacionados con la producción agrícola y la prevención a riesgos por desastres naturales muy comunes en los últimos tiempos en el mundo. En Colombia, estos sistemas de medición son necesarios debido a la topografía (diferentes microclimas) y la gran zona selvática.

La estación implementada es un sistema de medida basado en sensores, como lo son: el Anemómetro: el cual detecta la velocidad y dirección del viento, el Pluviómetro: que mide la precipitación del agua generada por la lluvia, y el Termo higrómetro: que mide la humedad relativa del aire y la temperatura.

El sistema para la adquisición de datos se diseñó basado en tecnología Arduino, el cual permite el envío inalámbrico de datos por medio del soporte Arduino Xbee, Zigbee, y una visualización en tiempo real de las variables a medir.

2. DESARROLLO DEL ARTÍCULO

2.1. Descripción de la Estación Meteorológica

La meteorología es el estudio de los fenómenos atmosféricos y de los mecanismos que producen el tiempo, orientado a su predicción [1]. Teniendo en cuenta este concepto, una estación de meteorología permite brindar información de las diferentes variables atmosféricas que para este caso son: la temperatura, precipitación pluvial, humedad relativa y velocidad del viento.

La climatología es la rama de la meteorología que se preocupa de estudiar la evolución de las condiciones medidas de la atmósfera en periodos relativamente largos, incluyendo cambios que ocurren en periodos de décadas (variabilidad decadal) o de siglos (variabilidad secular) [1].

Esta estación meteorológica se basa en un modelo norteamericano cuyo sistema se llama: EZ MOUNT ADVANCE STATION [2], cuya función es proporcionar datos por medio de unos sensores hacia una consola inalámbrica. Las aplicaciones fundamentales radican en dos especialmente: como predictor, en donde es utilizada para la realización del análisis sinóptico, pronósticos y alertas tempranas sobre la ocurrencia de fenómenos severos. También como sistema básico de medición

para ciertas operaciones locales como por ejemplo: aeródromos, en la operación de cierta maquinaria de construcción, producción de frutas y verduras, entre otras.

Para la medición de las variables climáticas se usaron sensores que poseen un comportamiento lineal evidenciado en la caracterización de cada uno de ellos. Sus principios de funcionamiento son: tipo capacitivo, inductivo y magnético. Por lo anterior se hace fundamental seguir las leyes de Kirchhoff y la ley de ohm y así, realizar los procesos correspondientes para su modelamiento y posterior acondicionamiento de señal.

Los sensores utilizados son los siguientes:

Anemómetro: es un sensor conformado por 3 cazoletas usado específicamente para medir la velocidad del viento y dirección del viento [3], Fig. 1



Fig. 1. Anemómetro y sus partes.

Pluviómetro: Es un instrumento que se emplea en las estaciones meteorológicas para la recogida y medición de la precipitación. Se usa para medir específicamente la cantidad de precipitaciones caídas en un lugar durante un tiempo determinado [4], [5]. La Fig. 2 muestra un pluviómetro y sus partes.



Fig. 2. Pluviómetro y sus partes.

Hay que tener en cuenta que las lluvias se dividen acorde a su intensidad y comúnmente se mide por cantidad de precipitación por hora, siendo la unidad de medida mm/h. Se clasifican de la siguiente manera:

- Débiles: menos de 2 mm/h.
- Moderadas: entre 2 y 15 mm/h.
- Fuertes: entre 15 y 30 mm/h.
- Muy fuertes: entre 30 y 60 mm/h.
- Torrenciales: más de 60 mm/h.

Termohigrómetro: es un sensor de Humedad relativa del aire y temperatura que tiene como referencia DHT22, el cual utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital [6].

Para la caracterización de los sensores, se usa un patrón de referencia con características de medida mejor al dispositivo. Así mismo, se utilizan las curvas de tendencia dadas por los fabricantes, las cuales vienen referenciadas en las hojas de especificaciones y los métodos indirectos de caracterización del sensor.

Para la caracterización del anemómetro, se usó como referencia un dispositivo con medida digital (Cateye Velo 9) como el mostrado en la Fig. 3, que permite visualizar de manera más exacta la velocidad del viento. En el caso del pluviómetro, se tiene en cuenta una serie de ecuaciones que involucran las dimensiones del recipiente, resolución y la frecuencia de cambio dada por el balancín de acuerdo con la intensidad de la precipitación. El instrumento de referencia para determinar la cantidad de lluvia que cae es un catéter de perfusión, el cual permite proporcionar de forma controlada, la cantidad de líquido en milímetros de agua al recipiente. Por último, para el sensor de temperatura y humedad relativa del aire, se hicieron uso las características que trae el sensor, el cual viene calibrado de fábrica. Al conectarlo a la placa Arduino, y con el código respectivo se podrá tener el valor de Humdad en %RH y de temperatura en oC para su visualización.

A continuación se describen otros dispositivos usados para la implementación de la estación e meteorología.

Cateye Velo 9: Es un sensor que al igual que el anemómetro mide la velocidad dependiendo de las revoluciones por segundo que este marca, es usado comúnmente para medir la velocidad en vehículos de una sola llanta [7]. La Fig. 3 muestra la apariencia del dispositivo.



Fig. 3. Cateye Velo 9.

Los dispositivos usados para el procesamiento de la información y la transmisión de los datos son:

Arduino Mega: Es una placa electrónica basada en el ATmega128, la cual cuenta con 54 pines digitales de entrada, salida y 16 entradas analógicas, que funciona como tarjeta de adquisición para sistemas electrónicos configurados por medio de lenguaje de programación [8], [9].

Módulo Xbee, ZigBee: son pequeños dispositivos que pueden comunicarse entre sí de manera inalámbrica. Son fabricados por Digi International, los cuales ofrecen una gran variedad de combinaciones de hardware, protocolos, antenas y potencias de transmisión [9] [10].

2.2. Desarrollo y Procedimientos de Caracterización

Inicialmente los datos obtenidos de las variables mencionadas serán visualizados en el sitio de ubicación de la estación meteorológica, para luego llevarlas inalámbricamente a un sitio de medida remoto. La Fig. 4 muestra el diagrama procedimental utilizado.

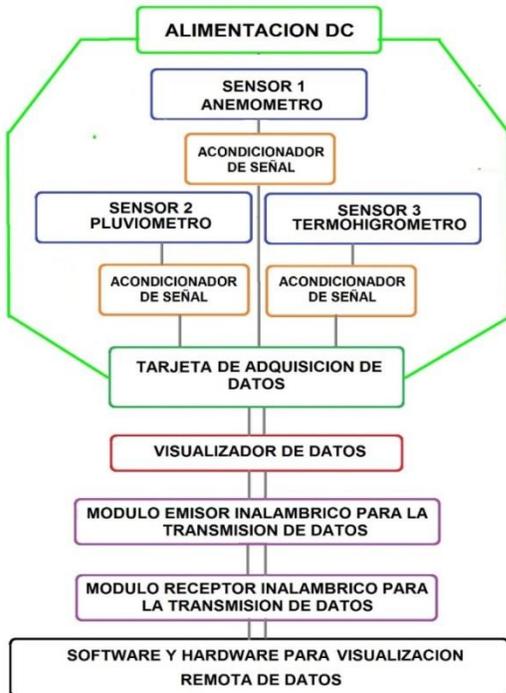


Fig. 4. Diagrama procedimental para la implementación de la estación.

La caracterización de los sensores se realizó de la siguiente forma:

Caracterización del anemómetro: para caracterizar el anemómetro se tuvo en cuenta las interrupciones generadas cada vez que se cruzan el imán y el reed switch, y que a la vez son interpretadas por el sistema Cateye velo 9 como velocidad en km/h.

El proceso consiste en ir colocando el sensor cada 40 cm en línea recta hasta llegar a los 280 cm. Estas medidas se establecieron bajo criterios de prueba ensayo y error. Se utilizó como fuente, un equipo de generación de viento. La Fig. 5 muestra el proceso de caracterización distancia versus viento.

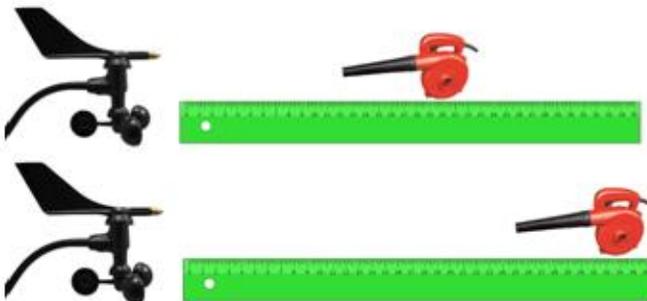


Fig. 5. Caracterización del Anemómetro.

La cantidad de interrupciones son tomadas cada 20 segundos; al finalizar los 20 segundos se comparan la cantidad de interrupciones con respecto a la velocidad en km/h que marca el Cateye Velo 9; Estos datos son utilizados para sacar la ecuación característica.

Caracterización del Pluviómetro: en la parte superior del Pluviómetro de balancín se encuentra la boca de captación que tiene forma de embudo, la cual recolecta la muestra de precipitación y lo dirige hacia un elemento llamado balancín.

Al igual que el anemómetro, el pluviómetro trabaja por medio de interrupciones, con un Reed Switch que trae en la parte interna. La Fig. 6, muestra la posición del sistema de detección magnético.

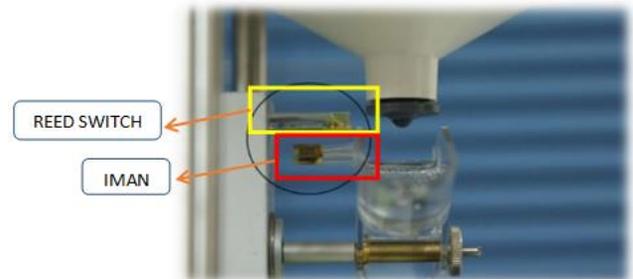


Fig. 6. Balancín. Reed Switch – imán.

Al exponer el pluviómetro al evento de precipitación líquida, se recolecta el volumen de agua que será dirigido al balancín. El volumen necesario para hacer funcionar el balancín viene dado por el área de la boca de captación y la resolución del instrumento, que en este caso es de 0,2 mm (dato obtenido de la placa del pluviómetro).

Como muestra la Fig. 6, en la parte posterior se encuentra un imán, que cuando se acumula cierta cantidad de agua. El peso hace que el balancín pierda el equilibrio y gire, haciendo que el imán pase al lado de un detector magnético que produce el cierre temporal de un interruptor. Este cierre temporal produce un pulso que es detectado por el elemento de medición.

Para realizar la caracterización se utiliza un catéter de perfusión, cuya función es simular la cantidad de lluvia (precipitación) proveniente de un recipiente con una cantidad determinada. Recordar que 1 mm de agua equivale a 1 litro de agua por metro cuadrado (1 Lm²).

Al vaciar el agua en la boca de captación, variando la velocidad en la que sale por el catéter de

perfusión y con una duración de 5 minutos por intervalo de captación se tiene una relación indirecta de precipitación versus tiempo y acumulación versus tiempo. Este proceso se hace durante los siguientes 20 minutos.

Para obtener los datos de la de la acumulación total se realizan los siguientes pasos:

Se multiplica la precipitación o pulsos por la resolución, en este caso es de 0,2 mm, obteniendo así la acumulación. La ecuación que la representa se muestra en (1):

$$\text{Acumulación} = \# \text{ interrupciones} \times \text{resolución} \quad (1)$$

Ejemplo 1: pluviómetro con resolución de 0,2 mm y cantidad de pulsos 3.

Aplicando la ecuación (1), se tiene:

$$\text{Acumulación} = 3 \times 0,2 \text{ mm} = 0,6 \text{ mm}$$

Assumiendo este resultado se dispone a realizar la acumulación total por medio de una relación de proporcionalidad, donde se tiene en cuenta la toma de datos de captación cada 5 minutos en un lapso de tiempo de 1 hora. La anterior relación se muestra en la ecuación (2).

$$\text{Acumulación}_{total} = \frac{60 \text{ minutos} \times \text{Acumulación}}{5 \text{ minutos}} \quad (2)$$

Ejemplo 2: de acuerdo a los resultados obtenidos del ejemplo 1, encontrar la acumulación total.

Usando la ecuación (2), se tiene:

$$\text{Acumulación}_{total} = \frac{60 \text{ minutos} \times 0,6 \text{ mm}}{5 \text{ minutos}} = 7,2 \text{ mm}$$

Caracterización del Termohigrómetro: este sensor mide la temperatura y humedad relativa del ambiente durante el momento que esta encendido, está protegido por una carcasa que está formada por varios segmentos de plásticos cuya función es brindarle protección al sensor del agua, debido a que estos tipos de estaciones se encuentran instaladas en la intemperie. Ver Fig. 7.



Fig. 7. Carcasa plástica del Termohigrómetro.

Por ser el Termohigrómetro (DHT22) un sensor que ya viene caracterizado de fábrica, lo que se hace es conectar el sensor directamente a la placa Arduino y descargar de la página oficial su respectiva librería para que el sensor pueda leer y visualizar los datos [11].

2.3. Configuración para la Transmisión de Datos

Para La programación de los módulos Xbee se debe contar con el software de configuración X-CTU, Fig. 8.

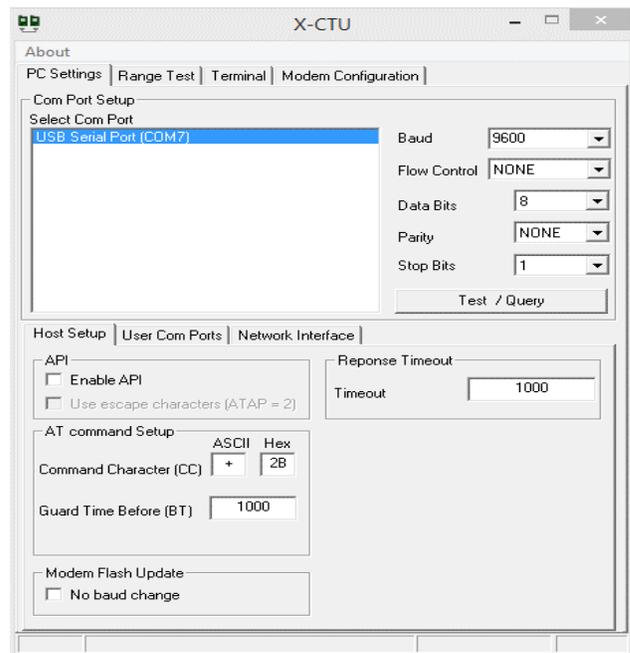


Fig. 8. Software de configuración X-CTU.

Los Xbee se configuran uno como coordinador y otro como enrutador. El coordinador será el responsable de mantener la red, identificando uno por red; el enrutador actúa como mensajero entre los dispositivos que están demasiado separados para transmitir la información por su cuenta.

La configuración utilizada para la comunicación de datos es de tipo serial y para comenzar la configuración, primero se asignan los siguientes parámetros.

- Baud=9600
- Flow Control= NONE.
- Data Bits=8
- Parity=NONE
- Stop Bits=1

Seguidamente, la opción TEST/QUERY como se muestra en la Fig. 9, se confirma, para que detecte el modulo y registre el programa.

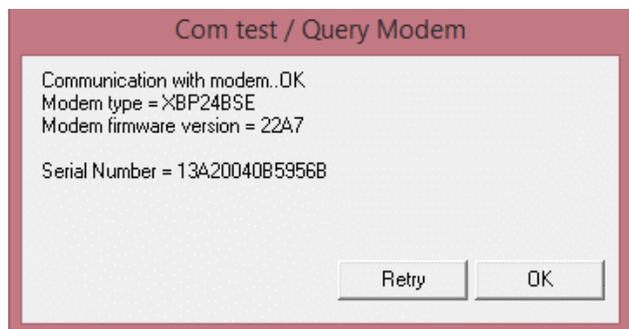


Fig. 9. Configuración serial del Xbee.

En la misma ventana se ingresa a la opción *Modem Configuration*, como se muestra en la Fig. 10, para configurar el modulo como COORDINADOR (*SH – Serial Number High*) – (*SL – Serial Number Low*) y como ENRUTADOR, en donde se asigna cuantos módulos se van a enrutar, que para este caso es uno.

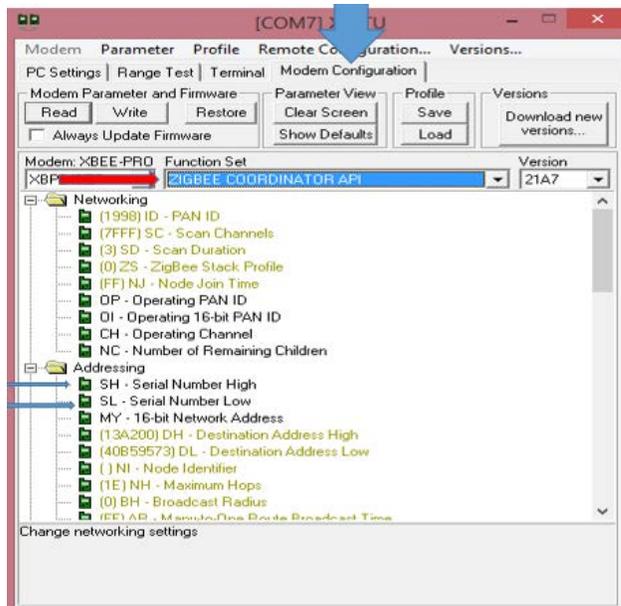


Fig. 10. Configurando Xbee.

La verificación y visualización de los datos en el ordenador se realizó utilizando el software de configuración X-CTU, el cual permite mostrar los datos por medio de un puerto virtual (hyperterminal).

3. RESULTADOS

La caracterización del anemómetro arrojó los datos mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Caracterización de anemómetro.

Interrupciones	Km/h
293	112
221	85
171	62
119	42,5
82	31,5
64	21,5
43	11

Con los datos anteriores se obtiene una gráfica que permite ver la curva característica del sensor y así mismo poder sacar de allí la ecuación que predomina en el sistema, Fig. 11.

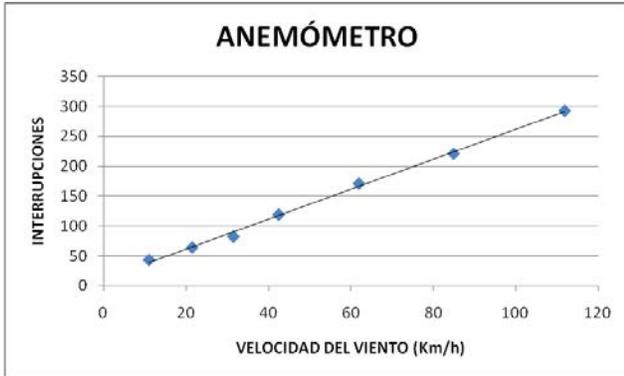


Fig. 11. curva característica del Anemómetro.

La ecuación característica encontrada para el anemómetro es (3):

$$Velocidad (km/h) = \frac{(\#interrupciones - 10,875)}{2,5086} \quad (3)$$

La correlación obtenida es:

$$R^2 = 0,997$$

Ahora, la caracterización del pluviómetro arrojó los datos mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2. Caracterización del Pluviómetro.

Tiempo	Interrupción	Precipitación(0,2)	Acumulación
5	3	0,6	7,2
10	8	1,6	19,2
15	23	4,6	55,2
20	31	6,2	74,4

Con los datos de la Tabla 2 se obtuvieron las mediciones de interrupciones contra el tiempo, precipitación acumulada frente al tiempo e intensidad versus tiempo.

La Fig. 12 muestra la cantidad de interrupciones obtenidas en intervalos de 5 minutos.

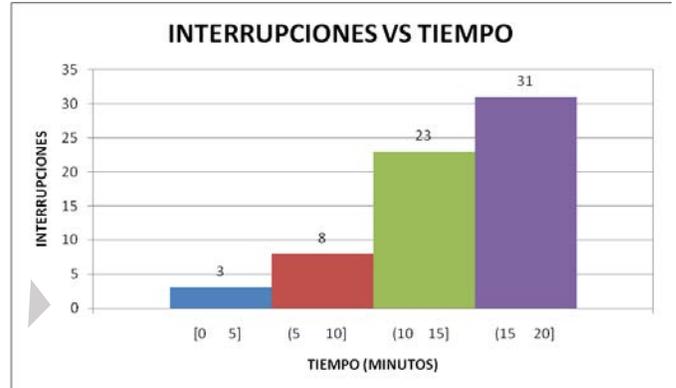


Fig. 12. Interrupciones vs tiempo.

La Fig. 13 muestra la precipitación, la cual se obtiene al multiplicar la cantidad de pulsos por la resolución (0,2 mm).

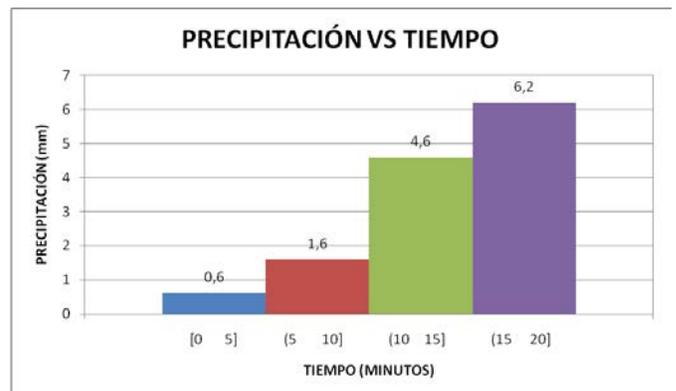


Fig. 13. Precipitación acumulada vs tiempo.

La Fig. 14 muestra la intensidad en cada intervalo de tiempo, teniendo en cuenta la cantidad acumulada en 60 minutos.

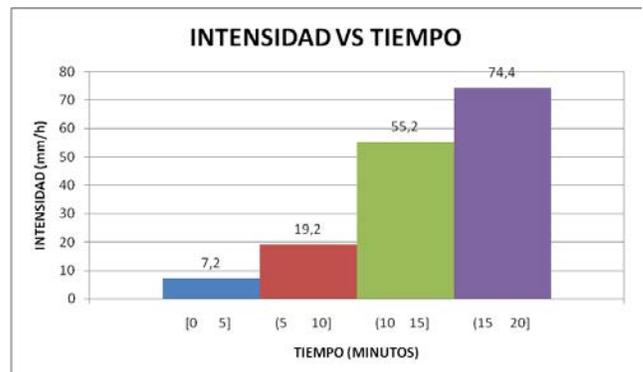


Fig. 14. Intensidad vs tiempo.

Como resultado final se muestra en Fig. 15, el montaje final de la estación de meteorología con la ubicación de los sensores en la estructura y también, en la Fig. 16, la descripción de las etapas principales de la caja de control y visualización.



Fig. 15. Estación meteorológica.

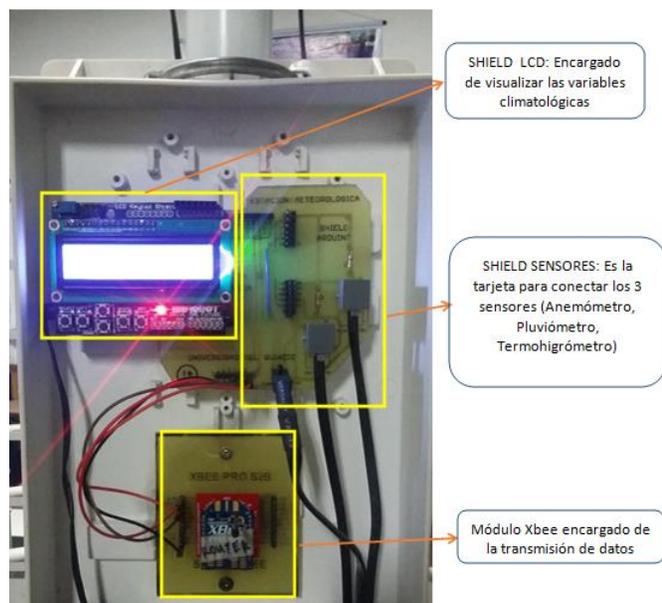


Fig. 16. Caja de visualización de la estación de meteorología y sus partes.

4. TRABAJOS FUTUROS

Es importante tener en cuenta que a raíz del desarrollo mostrado, se puede complementar el trabajo creando una base de datos permanente, que sirva como insumo para el análisis y

desarrollos en diferentes ámbitos como lo es la agricultura y el comercio entre otras.

Otro aspecto que es importante resaltar, tiene que ver con la posibilidad de expandir la zona de medición implementando una red de estaciones de medición en tiempo real, que permita abarcar mayor territorio.

5. CONCLUSIONES

Dadas las circunstancias, los prototipos desarrollados de esta índole son comúnmente utilizados para prevenir futuros estados del medio ambiente en alertas tempranas, la información almacenada puede ser de gran utilidad en sectores como la agricultura, la ganadería entre otros, puesto que se les haría muy fácil obtener información adecuada para sus respectivas áreas.

La estación desarrollada sirve para la recopilación continua de datos de las variables de temperatura, precipitación, velocidad del viento y humedad relativa, los cuales sirven de insumo importante para académicos, investigadores, entidades relacionadas con la generación de productos agrícolas de la región.

REFERENCIAS

- [1] Fundación española para la ciencia y la tecnología, "Unidad Didáctica: Metrología y Climatología", Edición: FECYT, ISBN: 84-688-8535-5, 2004.
- [2] EZ - Mount Weather Stations Manual, "EZ SOLAR POWER KIT", DAVIS - PRODUCTO # 7707 - Disponible en: http://www.davisnet.com/product_documents/weather/manuals/ez_solar_power_kit.pdf
- [3] Aguirre L, Chuquiej B, Granados W, Cifuentes J., "Instrumentación Industrial: Anemómetro", Universidad de San Carlos de Guatemala, Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/301495533_INSTRUMENTACION_INDUSTRIAL_-ANEMOMETRO
- [4] Muller A., "Pluviómetros y Pluviógrafos", METEOROLOGISCHE INSTRUMENTE KG, 2013, DISPONIBLE EN: <http://www.rfuess-mueller.de/221-0S.pdf>.
- [5] Bateman A., "Hidrología Básica y Aplicada", UPTC: Grupo de Investigación en Transporte de Sedimentos (GITS) - 2007.

- [6] La Rosa D, Trujillo M., "Blog de Laboratorio de Química", 2013, Disponible en: <http://laboratorio-quimico.blogspot.com.co/2013/10/que-es-un-termohigrometro-digital.html> .
- [7] CYCLOCOMPUTER, "Manual: Cateye velo 9", 2012, Disponible en: https://www.cateye.com/files/manual_dl/1/734/CC-VL820520_HP_ES_v3-1.pdf .
- [8] Evans W., "Arduino notebook: a beginner's reference written and compiled", 2007, Disponible en: <http://www.arduino.cc>, <http://www.wiring.org.co>, <http://www.arduino.cc/en/Booklet/HomePage>, <http://cslibrary.stanford.edu/101/>
- [9] Tienda de Robótica, "Guía Básica de Arduino – Una guía práctica sobre el mundo del Arduino", Disponible en: http://tdrobotica.co/download/Libro_kit_Basico.pdf
- [10] DIGI INTERNATIONAL INC., "PRODUCT MANUAL V1.XEX - 802.15.4 PROTOCOL - RF MODULE PART NUMBERS: XB24-A...-001, XBP24-A...-001", 2009.
- [11] AOSONG ELECTRONICS CO.,LTD, "MANUAL DHT22: DIGITAL - OUTPUT RELATIVE HUMIDITY & TEMPERATURE SENSOR/MODULE", 2016.



Estudio Del Comportamiento de Muestras de Mortero Natural Sometidas a Esfuerzo de Compresión

Performance of Natural Mortar Samples Subject to Compression Strength Tests

Julián Alberto Patiño Murillo, MsC

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
Grupo GIGAT
Medellín, Colombia
japatino@sena.edu.co

Yessenia Carolina Gutiérrez Sandoval

Universidad Francisco de Paula Santander
Cúcuta, Colombia
ingyeca@outlook.com

Jorge Iván Leal Santafé

Universidad Francisco de Paula Santander
Cúcuta, Colombia
jorgelealsantafe@gmail.com

John Jairo Castro Maldonado, MsC

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
Grupo GIGAT
Medellín, Colombia
jcastrom@sena.edu.co

Oswaldo Hurtado Figueroa

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
Cúcuta, Colombia
ohurtado8@misena.edu.co

(Recibido el 20-03-2018, Aprobado el 11-05-2018, Publicado el 03-07-2018)

Estilo de Citación de Artículo:

J. A. Patiño, Y.C. Gutiérrez, J.I. Leal, J.J. Castro, O. Hurtado, "Estudio del comportamiento de muestras de mortero natural sometidas a esfuerzo de compresión", Lámpsakos, no. 20, pp 22-28, 2018
DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2736>

Resumen: La combinación de diversos materiales, ya sea por decisión tecnológica o casualidad, permitió la construcción y conservación de edificaciones antiguas que aún siguen en pie. Buscando replicar las características de estas construcciones, materiales como cal, puzolana, y yeso fueron seleccionados para elaborar un mortero natural y comparar sus propiedades físicas y resistencia a la compresión con las de un mortero tipo portland, con el fin, de establecer una línea base de comportamiento para aplicación en obras civiles. Se empleó una metodología de post prueba únicamente con diseño factorial experimental y grupo intacto. En todas las muestras se presentó sedimentación producida por la diferencia de tamaño de partículas y el fenómeno de exudación, ocasionando bajas resistencias en el material.

Palabras clave: Mortero; Propiedades Físicas; Propiedades Mecánicas; Resistencia; Compresión.

Abstract: The combination of materials by technology or mere chance allowed the construction and conservation of old buildings that to this day are still standing. Looking for the reproduction of this characteristics, materials such as lime, pozzolan, and gypsum were selected for elaboration of a natural mortar for comparison of the physical properties and compressive strength versus the Portland mortar. These studies are required to establish a baseline for generating applications in different civil works. The experimental methodology included post-test only analysis with factorial design and intact group. In all the evaluated samples, sedimentation occurred due to the difference in particle size and the exudation phenomenon, causing low resistance values.

Keywords: Mortar; Physical Properties; Mechanical Properties; Resistance; Compression.

1. INTRODUCCIÓN

Una de las principales preocupaciones de la humanidad en la actualidad radica en el desarrollo de aplicaciones industriales que sean amigables con el medioambiente [1], [2]. Dentro de esta problemática, la investigación en el desarrollo de nuevos materiales ocupa un lugar preponderante [3], [4], máxime cuando se trata del análisis y desarrollo de insumos y métodos de disposición para residuos de construcción [5], [6], o en el aprovechamiento de desechos que afectan el ambiente para potenciar las características de los materiales de construcción [7]. A pesar de los diferentes estudios en estas áreas, todavía quedan algunas cuestiones pendientes por conocer acerca de los materiales que se suelen denominar como “tradicionales”, y que han sido utilizados desde tiempos inmemorables en el desarrollo de construcciones. Uno de estos elementos son los diferentes compuestos o mezclas de materiales utilizados para la unión de ladrillos, bloques o piedras que se ensamblan en el levantamiento de obras civiles, y que se conocen comúnmente como “morteros” [8]. Existen varios tipos de morteros reconocidos; por ejemplo, el mortero tipo portland es la “mezcla de un material aglutinante, un material de relleno fino, agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse presenta propiedades químicas, físicas y mecánicas similares a las del concreto” [9]. Por otro lado, el mortero natural se define como una mezcla homogénea conformada por materiales alternativos, cementante (cal), agregado (material cerámico molido - puzolana), aditivo (yeso) y agua [10].

En este orden de ideas, puede decirse que, aunque el concreto natural utilizado para elaborar morteros naturales desde épocas de la antigua Roma renovó las técnicas de construcción en su momento [8]; en América Latina se han presentado, históricamente, variaciones y adaptaciones propias con aglomerantes tales como la cal y el yeso [11], motivadas en gran medida por la autoconstrucción en la vivienda popular [12], y con evidencias de estudios de durabilidad de morteros sostenibles en ambientes industriales [13]. En este contexto, es pertinente hoy día preguntarse si los materiales utilizados en su elaboración son adecuados para el desarrollo de un mortero natural cumpliendo con la normatividad colombiana, en cuanto a sus propiedades mecánicas, para entrar dentro de la clasificación de lo que se suele denominar como mortero. Las técnicas de construcción con materiales naturales, usadas en los grandes imperios y dejadas a un lado por las revoluciones industriales y la modernización, reaparecen en el siglo XXI como una incógnita de estudio y motivo de

renovado interés académico [12], [14], [15]. Además, se encuentran diferentes iniciativas en la exploración y enriquecimiento de los materiales utilizados para la construcción con diferentes elementos, tales como fibra de palma [10], parafina [14], o hasta los mismos residuos de construcción y demolición desde un enfoque más orientado a la conservación ambiental [5], [6].

El mortero natural es un material ampliamente estudiado pero que, de cierto modo, continúa siendo un enigma (debido al desconocimiento de su composición, formulación y resistencia); en investigaciones previas se formulan y muestran diferentes tipos de construcciones elaboradas a base de concreto tanto en Europa [15] como en América Latina [12]. En vista de lo anterior, surge un nuevo horizonte para la ingeniería civil en traslapar el conocimiento actual y las técnicas del pasado, generando dentro de su aporte un cimiento que respalde las nuevas técnicas y la re-creación de materiales que puedan llegar a ser incluidos en la industria de la construcción; por tanto, para su uso y clasificación se requiere analizar los resultados de los especímenes ensayados a compresión en el laboratorio.

Se han investigado previamente los efectos del curado en los ensayos de compresión y porosidad de morteros de concreto [30], o de cal hidráulica natural [31]. Además, se han estudiado las sensibilidades ante morteros con materiales en nano-fase [32], [33] y las propiedades mecánicas de morteros naturales a base de puzolana y cal [34] como el considerado en este trabajo. En este contexto, el propósito de este estudio es la comparación de las propiedades mecánicas entre el mortero portland y el mortero natural para la construcción civil, a fin de establecer la resistencia a compresión, la cual, se define como la máxima carga alcanzada por unidad de área durante el ensayo [16]; ahora bien, el valor de resistencia garantiza el uso que se le puede dar al material alternativo, teniendo en cuenta los factores que puedan o no lograr la viabilidad en la selección y obtención de cada elemento.

1 METODOLOGÍA

1.1 Materiales

La mayoría de los morteros tradicionales estudiados en la literatura fueron fabricados con cal no hidráulica y su hidraulicidad se debe a la adición de cerámica. Según Pavía y Caro [8], la evidencia del análisis petrográfico de material arqueológico sugiere que la hidraulicidad inducida por la adición

de la cerámica es parcialmente responsable de la buena calidad y el rendimiento del mortero natural; por tal razón, se utilizan la puzolana y cal viva como agregado pétreo y cementante respectivamente, como sustituto en comparación con el mortero tipo portland [9].

Las fuentes de cal varían su composición físico-química debido a su ubicación de formación y, por ende, no se pueden generalizar sus propiedades. Tradicionalmente, las piedras de cemento que proporcionaron la alimentación de materia prima para la producción de cemento, llamados magras, vinieron de diferentes formaciones geológicas de muchas regiones europeas [15]. Esta misma fuente menciona que la naturaleza de las magras determina en gran medida la calidad de una determinada variedad de cemento, produciendo diferentes propiedades y colores del material. Respecto al yeso, se considera como un material de aditivo en la mezcla del mortero, debido a su fraguado rápido al adicionar agua, el cual fue evidenciado mediante prueba piloto efectuada en Capitanejo-Santander. Y el agua como material común entre ambas clases de mortero, asumiendo el rol de hidratante de las partículas y base para reacción química.

Para la elaboración del mortero natural, se utilizaron materiales disponibles en Colombia, y más específicamente en el departamento de Santander. Para efectos de la experimentación, se reemplazó el agregado pétreo por agregado artificial denominado puzolana, recuperada del desecho de material cerámico de construcciones en San José de Cúcuta – Norte de Santander; se utiliza cal viva como el cementante tomada de Málaga – Santander y el yeso como aditivo proveniente de Capitanejo – Santander.

1.2 Método

Inicialmente se establecen las propiedades físicas necesarias de los materiales para la elaboración de la mezcla, incluyendo cálculos de densidad de absorción del agregado fino [17], granulometría de los mismos [18], [19] y relación agua – cemento [20], [21] de los cementantes.

Se prepara el mortero natural mezclando agua, cal, puzolana y yeso, en proporciones establecidas según el diseño factorial experimental k_2 [22], se mezcla el mortero mecánicamente de acuerdo con el procedimiento de mezclado establecido en la norma técnica colombiana *NTC 3546* [23] con diferentes contenidos de agua para variar la fluidez; esta última se determina con 25 golpes de la mesa

de flujo [20], [24], se mezcla el material y se moldean los cubos de 50x50x50 mm [25], [26]. Se obtienen en total 16 muestras de mortero natural. Una vez el mortero fragua, se expone a un curado parcialmente al aire, en consecuencia y a partir de un estudio piloto establecido en la Norma Técnica Colombiana *NTC 1377* para la - elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos en el laboratorio [27], se deduce que el ambiente de curado normalizado para mortero tipo portland no es recomendable para la mezcla; se ensaya y se registra la resistencia a esfuerzo a compresión, aplicando carga en las caras del espécimen que estuvo en contacto con la superficie del molde [26].

Además, se hace necesario mencionar que en el proceso de estandarización de la materia prima se usaron una serie de equipos y herramientas, en este sentido, para la demanda de la granulometría se usó la siguiente serie de tamices: No 4, No 8, No 16, No 30, No 50, No 100 y No 200, todos certificados bajo la norma *NTC 32 – ASTM E 11/09*. Para el secado de muestras y cálculos de porcentajes de humedad, se usa un horno eléctrico digital con circulación forzada de aire, capacidad de 200 L y referencia *PG 1903*; para el cálculo de densidades de los agregados se implementa un picnómetro con capacidad de 500 ml con referencia *PG 4*. Igualmente, en el registro del peso se usó una balanza electrónica digital construida en acero estructural, con plataforma en acero inoxidable, con capacidad de 20 kg, referencia *B20*; para peso liviano se usó una balanza electrónica liquidadora de la marca Trúmax, con una capacidad máxima y mínima de 1500 g y 2g respectivamente, con un error de medición de 0,5g y desviación de 0,1g; se usó un cono en material de bronce para prueba de la muestra húmeda; y para el cálculo de la fluidez se usó la mesa de flujo manual, con plataforma circular de 255 mm de diámetro en fundición de bronce, con referencia *PC 40*. Los especímenes se funden en moldes metálicos desmoldables con 50 mm de lado para cada cubo en conjuntos de tres; finalmente se sometieron a diferentes cargas de compresión usando la Máquina Multiusos automática Digital de la empresa Pinzuar LTDA.

2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1 Diseño de mortero portland.

El grupo intacto o control, se diseñó a partir de la metodología sugerida en [9] para el diseño de morteros con cemento tipo Portland, para un objetivo de resistencia a la compresión de 17.2 MPa. Para la elaboración de un metro cúbico de mortero, se utiliza como agregado una cantidad de 1234 kg

de arena de trituración obtenida por medio de implosión, junto con 478 kg de cemento de uso general y 361 litros de agua potable.

2.2 Diseño de mortero natural.

De acuerdo al procedimiento descrito en la primera parte de la sección 2.2, se determinaron las propiedades físicas de los agregados necesarios para la elaboración del mortero natural, arrojando las características descritas en la tabla 1, los valores de contenido de humedad relacionados en la tabla 2.

TABLA 1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

Laboratorio	Unidad	Puzolana	Arena
Módulo finura	-	2.94	2.02
Densidad aparente	g/cm ³	2.60	2.22
Densidad aparente (base saturada y superficialmente seca)	g/cm ³	2.63	2.36
Densidad nominal	g/cm ³	2.67	2.56
Masa unitaria suelta	g/cm ³	1.52	2.15
Masa unitaria compacta	g/cm ³	1.76	2.38

TABLA 2. CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS MATERIALES

Material	Humedad (%)
Arena	0.41
Puzolana	0.87
Yeso	9.11
Cal apagada	0.99
Cal viva	0.80
Cemento	1.20

El diseño factorial, como estructura de investigación, es la combinación de dos o más diseños simples, en el cual se manipulan dos o más variables independientes en un mismo experimento. Para este estudio se determinaron las siguientes variables: yeso, puzolana, cal y agua, con los niveles mínimo y máximo entre (0-35g), (480-550g), (80-100g) y (160-190g) respectivamente. La figura 1 corresponde al resultado del diseño experimental factorial conformado por un 23.81% de agua, 11.66% de cal viva, 60.15% de puzolana, y 4,39% de yeso, en peso para producir 1 m³, registrando que la muestra falló sin ser sometida a esfuerzos de compresión.

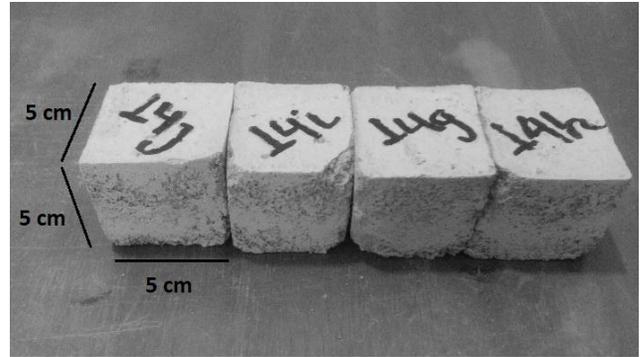


Fig. 1. Muestra - Grupo experimental XIV en el laboratorio de la empresa Concretos y morteros.

2.3 Curado de mortero natural.

A partir de la investigación temática previa, se registró que el curado óptimo para el mortero natural debe practicarse parcialmente al aire; es decir, se inició el proceso de inmersión a los dos días, en periodo cortos, máximo de 10 minutos, y se continuó el proceso aumentando el tiempo de inmersión durante el periodo de curado, aunque por el momento no se dispone de un protocolo o norma técnica establecido para el desempeño de la muestra bajo inmersión total. En la figura 2 se observan algunas de las muestras de mortero natural sumergidas en su totalidad bajo periodos controlados de tiempo, en un medio de curado con agua potable.

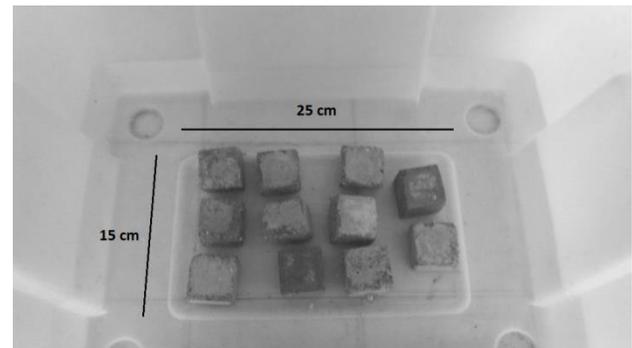


Fig. 2. Curado de grupo experimental y control en el laboratorio de la empresa de Concretos y Morteros.

2.4 Ensayo a esfuerzos de compresión.

El ensayo de los especímenes a compresión se efectuó por medio de una Máquina Multiusos automática Digital- de la empresa Pinzuar LTDA; la tabla 3 presenta la variación de la resistencia máxima para cada una de las 16 mezclas propuestas, obteniendo el valor promedio a partir de mediciones tomadas después de 28 días de curado de las muestras. En la figura 3, se observa la prueba de ensayo a esfuerzo de compresión, donde los resultados se registraron electrónicamente en el

equipo. La magnitud de la fuerza y la deformación se registró en Kilonewton (KN), y en milímetros (mm) respectivamente, y luego se obtuvo la curva del comportamiento y su punto de rotura.

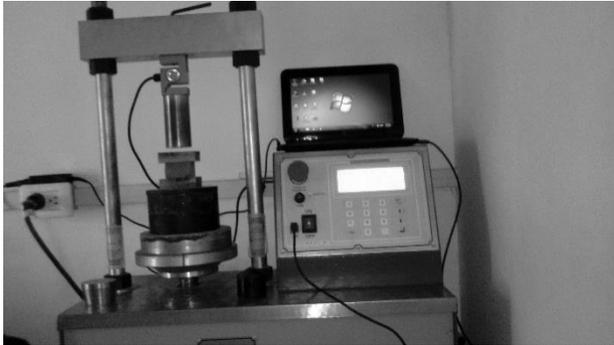


Fig. 3. Ensayo a esfuerzo de compresión de los especímenes en la máquina multiusos

2.5 Discusión.

A partir de diferentes mezclas de agua, cal, puzolana y yeso, se prepararon alternativas viables desde el punto de vista estructural y económico para la elaboración de mortero natural, aunque el factor más importante para esta investigación fue la variación de la resistencia.

TABLA 3. RESISTENCIA MÁXIMA A COMPRESIÓN DE GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL EN 28 DÍAS DE CURADO

Grupo	Resistencia Máxima Promedio (Mpa)		
Grupo de Control	16.38	±	0.81
D. Experimental No. I	1.31	±	0.07
D. Experimental No. II	0.00	±	0.00
D. Experimental No. III	1.44	±	0.07
D. Experimental No. IV	0.00	±	0.00
D. Experimental No. V	1.28	±	0.07
D. Experimental No. VI	0.00	±	0.00
D. Experimental No. VII	1.80	±	0.08
D. Experimental No. VIII	0.00	±	0.00
D. Experimental No. IX	0.67	±	0.27
D. Experimental No. X	0.00	±	0.00
D. Experimental No. XI	0.77	±	0.05
D. Experimental No. XII	0.00	±	0.00
D. Experimental No. XIII	0.77	±	0.04
D. Experimental No. XIV	0.00	±	0.00
D. Experimental No. XV	1.50	±	0.08
D. Experimental No. XVI	0.00	±	0.00

El comportamiento de la mezcla de agua y material calcáreo inicialmente se presenta en un estado de fluidez seca (según porcentaje de fluidez en [8]); sin embargo, durante el proceso de mezclado la cal tiende a liberar el agua absorbida permitiendo la hidratación de las partículas de cal restantes que no

llegaron a hidratarse, lo cual genera una pasta manejable y uniforme, a pesar de la adición de los otros elementos (Puzolana y Yeso) que conforman el mortero natural.

La cal es un material que absorbe agua en gran medida y en condición de inmersión tiende a desplazarse y asentarse alrededor del mortero presentando segregación, lo cual ocasiona un deterioro total; de la misma forma, a pesar de que los morteros de cemento tradicional tienen indudables ventajas y son materiales más compatibles para ser utilizados para el trabajo de reparación, algunos inconvenientes siguen siendo, en su mayor parte, debidos a la alta capacidad de absorción de agua [28]. En este sentido, puede decirse que la elaboración de este tipo de morteros requiere de un ambiente controlado de curado.

En la totalidad de las muestras del grupo experimental, se presenta sedimentación producida por la diferencia de tamaño de partículas y el fenómeno de exudación, generando mayor número de vacíos en la composición del material, ocasionando bajas resistencias. Hay que mencionar, además, que se ha reportado en la literatura que factores como la capilaridad, la porosidad y la resistencia de los materiales de reparación [28] pueden ser controlados por una cuidadosa manipulación de la relación de agua a cemento de la mezcla [29]. Los resultados obtenidos permanecen en línea con estos hallazgos, y ratifican que es deseable obtener una mezcla con mayores adiciones de cal y una relación controlada para reducir el fenómeno de la alta capilaridad.

Se evidencia que en los grupos identificados con números pares (II, IV, VI, VIII, X, XII, XIV y XVI) resistencia alcanzada es de 0.00 ± 0.00 MPa. Estos grupos tienen como particularidad la presencia de yeso en diferentes cantidades dentro de su composición. En este caso, puede decir que las muestras con yeso fallan el ensayo de compresión debido al fenómeno de disgregación del material, generando tracciones internas que el mortero no puede resistir. Para los experimentos realizados, se considera como un agente negativo el alto porcentaje de humedad en el periodo de transporte o almacenamiento del yeso; este factor también influyó para que en los grupos experimentales con contenidos de dicho material se registraran nulas resistencias.

3 CONCLUSIONES

Para el mortero natural, puede decirse que, como material estructural para transmisión de cargas se obtienen muy bajas resistencias, debido a causas como su distribución granulométrica y posibles falencias en las proporciones de los materiales. Cabe anotar que el mortero portland de referencia presentaba unas características que en algunos casos no eran comparables con las muestras de mortero natural; se recomienda ampliar el espectro de comparación para mezclas tipo portland con diferentes relaciones de componentes. Además, se evidencia la necesidad de controlar la relación entre agua y cemento, para obtener una mezcla que permita una menor relación de vacíos.

Se evidencia que todas las muestras con presencia de yeso presentaron fallas en el material previamente a su ensayo a compresión, en esta situación, se generan tracciones internas que el mortero no puede resistir como posible causa de tal comportamiento. Se recomienda mantener estables las variables externas y ambientales, procurando evitar la alteración de los materiales al ser extraídos u obtenidos; especialmente en el proceso de transporte y almacenamiento, pues la absorción de altas humedades genera un efecto negativo en el mortero, como pasó con el de yeso.

AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocen las contribuciones del “Grupo de Investigación en Desarrollo Tecnológico e Innovación – GINDET, (SENA)”, por el acompañamiento en la búsqueda de materiales más eficientes y naturales para la construcción civil. Agradecen Al “Semillero de Investigación de Bioconstrucción – SIBIO, (SENA)”, por el acompañamiento en la búsqueda de materiales más eficientes y naturales para la construcción civil. Se reconoce también el acompañamiento metodológico del proceso de la investigación por parte “Grupo de Investigación en Gerencia y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología – GIGAT, (SENA)” y el Tecnoparque Nodo Medellín. Por último, se agradece a las empresas: “PerfolIngeniería” y “PINZUAR LTDA”, por el préstamo de laboratorios y equipos para los ensayos a la compresión; “Concretos y Morteros”, por el préstamo de laboratorios y equipos para el análisis de las diferentes muestras; y “Concretos y Triturados Zulia – CTZ”, por el préstamo de laboratorios y equipos para el análisis de las diferentes muestras.

REFERENCIAS

- [1] S. Ruiz, J. Patino, A. Marquez, y J. Espinosa, «Optimal design for an electrical hybrid microgrid in Colombia under fuel price variation», *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 7, n.o 24, pp. 1535-1545, 2017. URL: <http://ijrer.com/index.php/ijrer/article/view/6128/pdf>
- [2] J. J. Castro-Maldonado, J. A. Patiño-Murillo, A. E. Florian-Villa, y O. E. Guadrón-Guerrero, «Application of computer vision and low-cost artificial intelligence for the identification of phytopathogenic factors in the agro-industry sector», *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1126, p. 012022, nov. 2018 DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1126/1/012022>
- [3] J. J. Castro-Maldonado, H. J. Dulcé-Moreno, y E. D. V-Niño, «Nitrogen implantation into steel wire coated with zinc used as reinforcement in power transmission conductors», *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 466, n.o 1, p. 012005, 2013. URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/466/1/012005>
- [4] D. F. Zambrano et al., «Thermal properties and phase stability of Yttria-Stabilized Zirconia (YSZ) coating deposited by Air Plasma Spray onto a Ni-base superalloy», *Ceram. Int.*, vol. 44, n.o 4, pp. 3625-3635, mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.11.109>
- [5] E. Mejía, J. Giraldo, y L. Martínez, «Residuos de construcción y demolición Revisión sobre su composición, impactos y gestión», *Rev. CINTEX*, vol. 18, pp. 105–130, 2013. URL: <http://pascualbravo.edu.co:5056/cintexpb/index.php/cintex/article/view/52>
- [6] L. Barrios-Ziolo, J. Robayo-Gómez, S. Prieto-Cadauid, y S. Cardona-Gallo, «Biorremediación de suelos contaminados con aceites usados de motor», *Rev. CINTEX*, vol. 20, n.o 1, pp. 69–96, 2015. URL: <http://pascualbravo.edu.co:5056/cintexpb/index.php/cintex/article/view/31>
- [7] A. Barragán-Alturo, N. G. Durán-Siachoque, K. A. Figueroa-Gonzalez, y M. X. Rovayo-Novoa, «Ecobloque Estructural para Vivienda de Interés Rural: Un Aporte Para las Comunidades en el Alto Magdalena – Colombia», *Lámpsakos*, vol. 1, n.o 17, pp. 29–39, 2017. URL: www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/2214/1933
- [8] S. Pavía y S. Caro, «An investigation of Roman mortar technology through the petrographic analysis of archaeological material», *Constr. Build. Mater.*, vol. 22, n.o 8, pp. 1807-1811, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.05.003>
- [9] D. Sanchez de Guzman, *TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO*. Pontificia Universidad Javeriana, 2001.
- [10] N. Benmansour, B. Agoudjil, A. Gherabli, A. Kareche, y A. Boudenne, «Thermal and mechanical performance of natural mortar reinforced with date palm fibers for use as insulating materials in building», *Energy Build.*, vol. 81, pp. 98-104, oct. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.05.032>

- [11] A. Cedeño Valdiviezo, «Aglomerantes, morteros y aplanados adecuados para proteger el medioambiente», *Rev. Arquít. Bogotá*, vol. 13, n.o 1, pp. 106–117, 2011. URL: https://editorial.ucatolica.edu.co/ojsucatolica/revistas_ucatolica/index.php/RevArq/article/view/774
- [12] J. Salas Serrano, A. Ferrero, y P. Lucas Alonso, «Utilización de componentes neutros de construcción en Latinoamérica», *Rev. INVI*, vol. 27, n.o 76, pp. 147-175, nov. 2012 DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-83582012000300005>
- [13] J. M. Mendoza-Rangel, J. M. Flores-Jarquín, E. U. De Los Santos, y P. Garcés, «Durabilidad de morteros de reparación sustentables expuestos a ambiente industrial», *Rev. ALCONPAT*, vol. 6, pp. 41-51, 2016. URL: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-68352016000100041&nrm=iso
- [14] H. Cañola y C. Echavarría, «Bloques de concreto con emulsión de parafina», *Lámpsakos*, vol. 1, n.o 17, pp. 14–19, 2017. URL: <http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/2346/1931>
- [15] C. Gurtner, G. Hilbert, D. Hughes, R. Kozłowski, y J. Weber, *Manual on best practice in the application of Roman cements. Roman cement, past and present. Conservation theory and practice. Version 2 November 2012. EU Project 226898 FP7-ENV-2008-1 ROCARE–Roman cement for architectural restoration to new high standards. 2012. 2012.* URL: [http://www.rocure.eu/page/imgt/file/rocure-manual_low-res%20\(2b\).pdf](http://www.rocure.eu/page/imgt/file/rocure-manual_low-res%20(2b).pdf)
- [16] F. Hoyos-Gómez, J. D. Betancur-Gómez, D. Osorio-Patiño, y J. G. Ardila-Marín, «Construcción de curvas de factor de concentración de esfuerzos por medio de simulaciones», *Rev. CINTEX*, vol. 21, n.o 1, pp. 35–43, 2017. URL: <http://www.pascualbravo.edu.co:5056/cintexpb/index.php/cintex/article/download/8/8/>
- [17] ICONTEC, Norma técnica colombiana NTC 237 - Método para determinar la densidad y la absorción del agregado fino. 1995.
- [18] ICONTEC, Norma técnica colombiana NTC 174 - Especificaciones de los agregados para concreto. 2000.
- [19] ICONTEC, Norma técnica colombiana NTC 2240 - Agregados usados en morteros de mampostería. 2003.
- [20] ICONTEC, Norma técnica colombiana NTC 5784 - Método para determinar la fluidez de morteros de cemento hidráulico. 2010.
- [21] ICONTEC, Norma técnica colombiana NTC 110 - Método para determinar la consistencia normal del cemento hidráulico. 2013.
- [22] D. C. Montgomery, *Diseño y análisis de experimentos*, 2.a ed. Limusa Wiley, 2005.
- [23] ICONTEC, Norma técnica colombiana NTC 3546 - Métodos de ensayo para determinar la evaluación en laboratorio y en obra, de morteros para unidades de mampostería simple y reforzada. 2003.
- [24] ICONTEC, Norma técnica colombiana NTC 111 - Especificaciones para la mesa de flujo usada en ensayos de cemento hidráulico. 1997.
- [25] ICONTEC, Norma técnica colombiana NTC 3356 - Mortero premezclado para mampostería. 2000.
- [26] ICONTEC, Norma técnica colombiana NTC 220 - Determinación de la resistencia de morteros de cemento hidráulico a la compresión, usando cubos de 50 mm ó 2 pulgadas de lado. 2012.
- [27] ICONTEC, Norma técnica colombiana NTC 1377 - Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos en el laboratorio. 2010.
- [28] A. Klisińska-Kopacz y R. Tišlova, «Effect of hydrophobization treatment on the hydration of repair Roman cement mortars», *Constr. Build. Mater.*, vol. 35, pp. 735-740, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.05.002>
- [29] A. Klisińska-Kopacz, R. Tišlova, G. Adamski, y R. Kozłowski, «Pore structure of historic and repair Roman cement mortars to establish their compatibility», *J. Cult. Herit.*, vol. 11, n.o 4, pp. 404-410, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2010.03.002>
- [30] A. A. Ramezani-pour y V. M. Malhotra, «Effect of curing on the compressive strength, resistance to chloride-ion penetration and porosity of concretes incorporating slag, fly ash or silica fume», *Cem. Concr. Compos.*, vol. 17, n.o 2, pp. 125-133, 1995. DOI: [https://doi.org/10.1016/0958-9465\(95\)00005-W](https://doi.org/10.1016/0958-9465(95)00005-W)
- [31] J. Lanás, J. L. P. Bernal, M. A. Bello, y J. I. A. Galindo, «Mechanical properties of natural hydraulic lime-based mortars», *Cem. Concr. Res.*, vol. 34, n.o 12, pp. 2191-2201, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.02.005>
- [32] H. Li, H. Xiao, y J. Ou, «A study on mechanical and pressure-sensitive properties of cement mortar with nanophase materials», *Cem. Concr. Res.*, vol. 34, n.o 3, pp. 435-438, 2004 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2003.08.025>
- [33] Z. Li, H. Wang, S. He, Y. Lu, y M. Wang, «Investigations on the preparation and mechanical properties of the nano-alumina reinforced cement composite», *Mater. Lett.*, vol. 60, n.o 3, pp. 356-359, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2005.08.061>
- [34] M. Ghrici, S. Kenai, y M. Said-Mansour, «Mechanical properties and durability of mortar and concrete containing natural pozzolana and limestone blended cements», *Cem. Concr. Compos.*, vol. 29, n.o 7, pp. 542-549, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2007.04.009>



Reconocimiento de Rostros en Tiempo Real sobre Dispositivos Móviles de Bajo Costo

Real Time Face Recognition on Low-Cost Mobile Devices

Alexander Cardona López, MsC.

*Universidad Autónoma de Colombia
Bogotá, Colombia*

alexander.cardona@fuac.edu.co

Franklin Pineda Torres, MsC.

*Universidad Autónoma de Colombia
Bogotá, Colombia*

franklin.pineda@fuac.edu.co

(Recibido el 03-04-2018, Aprobado el 29-05-2018, Publicado el 03-07-2018)

Estilo de Citación de Artículo:

A. Cardona, F. Pineda, "Reconocimiento de Rostros en Tiempo Real sobre Dispositivos Móviles de Bajo Costo", Lámpsakos, no. 20, pp 30-39, 2018

DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2938>

Resumen: Se prueban algunos de los métodos más conocidos de reconocimiento de rostros, para determinar su utilidad real en la construcción de aplicaciones en tiempo real que puedan ejecutarse sobre un dispositivo móvil de bajo costo. Con este fin, se realiza una breve descripción de los principales algoritmos utilizados en aplicaciones de reconocimiento de rostros y se muestra cómo la fase de detección de rostros es de vital importancia en cuanto a desempeño se refiere en estos dispositivos. Se demuestra además la imposibilidad de realizar el procesamiento de cada frame de un stream de video, a una tasa de 30 frames por segundo, con los métodos revisados.

Palabras clave: Análisis de desempeño, Computación móvil, Reconocimiento de rostros.

Abstract: Some of the most recognized face recognition methods are tested to determine their usefulness in the construction of real-time mobile applications, intended to a low-cost mobile market. To this end, a brief description of the main algorithms used in face recognition applications is made. It is shown how face detection phase is vital in terms of performance on these devices. It is also demonstrated the impossibility of performing the processing of each frame of a video stream, which runs at a rate of 30 frames per second, using the considered methods.

Keywords: Face recognition, Mobile computing, Performance analysis.

1. INTRODUCCIÓN

El reconocimiento de rostros en imágenes digitales, tiene como finalidad lograr que una máquina determine sin equívocos la identidad de uno o más rostros dentro de una imagen. Una implementación adecuada del reconocimiento de rostros tiene un amplio espectro de aplicación, ya que reemplazaría la necesidad de otros métodos de identificación, tales como el uso de tarjetas, sensores de radiofrecuencia o la interacción del usuario mediante el empleo de claves.

Por supuesto, debido a su importancia, a lo largo de los años se han propuesto diversos métodos computacionales para realizar dicho reconocimiento, alcanzando en la última década resultados que se pueden asemejar a la identificación de rostros que realizaría una persona. Sin embargo, buena parte de los métodos más reconocidos no están enfocados a su aplicación en video en tiempo real, ni en dispositivos móviles de bajo costo (cuyo precio es de 100 dólares o menos). Dispositivos que no cuentan con capacidades de cómputo, ni con la calidad de cámaras con que cuentan los dispositivos de alta gama. Ambos aspectos importantes para el reconocimiento de rostros sobre imágenes digitales. Mucho menos cuentan con sensores diferentes a la ya tradicional cámara fotográfica. Trabajos como [1] o [2] reportan un éxito superior al 90% en el

reconocimiento de rostros sobre el conjunto de datos Labeled Faces in the Wild (LFW)[3]. Sin embargo, estos trabajos se centran en la precisión de los métodos, más que en los recursos necesarios para su ejecución, por lo que no es claro su desempeño en dispositivos móviles.

Este documento se centra en probar algunos de los algoritmos de reconocimiento de rostros más conocidos, que han mostrado una precisión superior al 85%, para determinar su utilidad real en aplicaciones que hagan uso del stream de video brindado por la cámara de un dispositivo móvil de baja gama. Con este fin, primero se realiza una descripción general del proceso de reconocimiento de rostros y de varios de los algoritmos comúnmente empleados en este proceso. Posteriormente se realizan pruebas sobre el conjunto de datos Labeled Faces in the Wild, con diferentes parámetros de configuración. Finalmente se presentan los resultados y conclusiones obtenidas.

2. REVISIÓN LITERARIA

Es difícil realizar una clasificación de todos los métodos de reconocimiento de rostros, en parte debido a la cantidad de métodos que se han propuesto. En este documento, se describen varios de los métodos más reconocidos, si desea conocer sobre la diversidad de métodos propuestos se sugiere la lectura del survey "A Survey on Face Recognition Techniques" [4]. De forma similar el trabajo [5] menciona algunas de las variaciones recientes que se han realizado a métodos conocidos. El documento [6], explica los métodos más populares antes del año 2009, mientras que el documento [7], se enfoca en el problema de encontrar puntos relevantes en el rostro (landmarks).

Las aplicaciones de reconocimiento de rostro normalmente implementan los siguientes procesos: captura, pre-procesamiento de la imagen, detección de rostros, corrección de postura y el reconocimiento en sí. Cada proceso cumple con una función específica:

- **Captura:** se obtiene la imagen del sensor (normalmente la cámara del dispositivo en aplicaciones móviles) y se almacena en memoria o en disco para su posterior procesamiento. La forma en que se realiza la captura normalmente es dependiente del hardware y del sistema operativo empleado.

- **Pre-procesamiento:** de ser necesario, cada imagen se escala al tamaño óptimo para el algoritmo seleccionado. Se cambia el formato de los píxeles y se mejora la calidad de la imagen mediante la modificación del valor de sus píxeles. Este último caso suele orientarse a la eliminación de ruido o reducir los efectos de una iluminación deficiente.
- **Detección:** si la imagen contiene algo más que rostros o muchos rostros, es necesario ubicar dentro de la imagen la posición y tamaño de cada uno de los rostros, e idealmente su orientación. Esto se debe a que la mayoría de los algoritmos de reconocimiento trabajan sobre la imagen de un único rostro.
- **Corrección de postura:** algunos algoritmos de reconocimiento funcionan mejor si la imagen trabajada contiene rostros en una postura específica o con características geométricas determinadas. En estos casos, puede ser mejor modificar la imagen para "intentar" colocar el rostro en la postura más adecuada para su reconocimiento. Esta fase algunas veces involucra la creación de un modelo tridimensional a partir de la información extraída de la imagen bidimensional.
- **Reconocimiento:** finalmente se busca reconocer a quién corresponde cada rostro de la imagen de entrada. Como es de esperarse, se debe contar con anterioridad con un registro de los rostros sobre los que se va a realizar la identificación.

2.1 Detección de rostros

La detección de rostros es el proceso de identificar las regiones de una imagen que corresponden a rostros. Este proceso produce como resultado una serie de regiones donde existe mayor probabilidad de encontrar un rostro, normalmente regiones rectangulares, aunque existen también propuestas para encontrar otros tipos de regiones que detallen no sólo la posición, sino la orientación del rostro. En esta fase no se realiza proceso alguno de identificación, sólo se determina si existe un rostro dentro de la imagen.

El proceso de detección de rostros permite reducir la complejidad del algoritmo de reconocimiento, ya que este último puede asumir que siempre cuenta con la imagen de un rostro.

La detección de rostros en sí misma es un problema complejo, debido a varios factores: los cambios de iluminación, el color de la piel es variable, el rostro

puede expresar diversidad de posturas, la textura facial varía no linealmente con el cambio de postura, entre otros aspectos.

A través de los años se han propuesto diversos métodos, algunos orientados específicamente a la detección, otros que pretenden realizar la detección y el reconocimiento de manera simultánea. En las siguientes secciones se presentarán algunos de los métodos de detección más conocidos, clasificados en: métodos que buscan reducir la dimensionalidad de los datos y métodos que buscan extraer las características relevantes de la imagen (características geométricas, texturas, etc.).

Reducción de dimensionalidad

Las imágenes son datos que por su naturaleza poseen un dominio muy grande de valores. Esto hace prácticamente imposible trabajar métodos que operen sobre toda la imagen, utilizando todo el dominio de valores. Los métodos de reducción de dimensionalidad, como su nombre lo indica, pretenden reducir la dimensionalidad de los datos sin perder sus características relevantes.

No es de extrañar que los métodos de detección de rostro se basaran en reconocidos procedimientos estadísticos para reducir los datos, siendo los métodos lineales como el Principal Component Analysis (PCA) o el Linear Discriminant Analysis (LDA), los más mencionados en la literatura, posiblemente debido a que éstos cuentan con estrategias de clasificación computacionalmente eficientes. En PCA cada componente es la combinación lineal de las dimensiones originales que presentan una mayor variabilidad y que son ortogonales con los primeros componentes principales. El LDA por otra parte busca encontrar las diferencias entre clases. Otro método, comúnmente referenciado es el Independent Component Analysis (ICA), el cual a diferencia del PCA intenta transformar los datos como combinaciones de datos estadísticamente independientes.

El método de detección y reconocimiento Eigenfaces [8] es un ejemplo del uso de PCA para la detección de rostros. En este caso el procedimiento generalmente consiste en utilizar un conjunto de imágenes de entrenamiento sobre las cuales se determinan los vectores principales, es decir las "eigenfaces" cuya combinación lineal describe mejor todas las imágenes del conjunto. Posteriormente, en el proceso de detección se procede a comparar secciones de la imagen de entrada con el valor

promedio del espacio de Eigenfaces, utilizando para ello una medida de distancia.

De manera similar, el método Fisherfaces hace uso de LDA como método de reducción. La idea de usar LDA es aprovechar que este método busca discriminar por "clases" en vez de trabajar con el dominio total. Los proponentes del método afirman que éste se comporta mejor cuando se manejan imágenes con variaciones de iluminación y de expresiones. Sin embargo, algunos trabajos también muestran que cuando el conjunto de imágenes de entrenamiento es pequeño, PCA puede tener mejor desempeño que LDA [6].

Extracción de características

Existen gran cantidad de métodos para realizar la extracción de características de un rostro (En el survey [9] puede encontrar una clasificación de los mismos). Sin embargo, actualmente, los métodos basados en la apariencia son los más comunes, en estos casos se recolecta un conjunto de imágenes ejemplo, se aplica a cada una un algoritmo para resaltar características, y se adopta algún algoritmo de aprendizaje para aprender un modelo. Hay por tanto, dos pasos importantes en este proceso: la extracción de características y la aplicación del algoritmo de aprendizaje.

Los algoritmos de extracción de características buscan encontrar un descriptor preciso, invariante a las transformaciones y en lo posible con un espacio de valores pequeño que facilite la clasificación. En la literatura se destaca el uso de técnicas basadas en HAAR, en Gabor y las basadas en Histograma [10].

Posiblemente el más difundido de los algoritmos de detección es el Viola-Jones [11]. En este método la detección de las características relevantes del rostro se realiza mediante el uso de filtros que se asemejan a las funciones bases de la transformada HAAR, cuyos resultados se clasifican con la ayuda del algoritmo AdaBoost. La Fig. 1 muestra un ejemplo de los filtros usados.

El algoritmo Viola-Jones comienza con una fase de entrenamiento, en el que el algoritmo debe "aprender" las características que identifican un rostro. Cada filtro se aplica sobre la imagen realizando un cálculo sencillo sobre los píxeles afectados por el filtro. El valor de un filtro con dos rectángulos es la diferencia entre la suma de los píxeles dentro de cada región rectangular. El valor de un filtro con tres rectángulos se determina mediante la resta de la suma de los píxeles de las

regiones exteriores con la suma de la región central. Existe una gran cantidad de filtros rectangulares que se puede aplicar sobre una imagen, pero aplicarlos todos haría que el desempeño fuera muy bajo. Para acelerar el proceso Viola-Jones realiza dos propuestas: hacer uso de una imagen integral y emplear el algoritmo AdaBoost. Adicionalmente el Viola-Jones emplea una "cascada de clasificadores", que básicamente es un árbol de decisión en cascada.

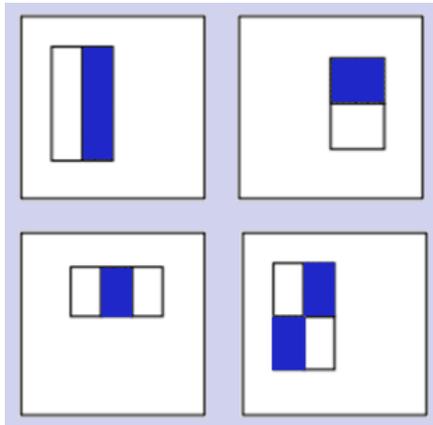


Fig. 1. Filtros HAAR

Un método de extracción de características más reciente es el Histogram of Oriented Gradients (HOG). A diferencia del Viola-Jones no es un método orientado exclusivamente a la detección de rostros, inclusive, el trabajo inicial donde se propone el algoritmo está enfocado a la detección de peatones en imágenes tradicionales [12]. El HOG es un método más robusto ante cambios de iluminación comparado con el Viola-Jones.

El descriptor del HOG es básicamente un histograma de los principales gradientes de la imagen. Para obtener dicho descriptor la imagen se divide en regiones rectangulares (celdas) y sobre cada una se calcula un histograma de gradientes. El descriptor final será la unión de todos estos gradientes.

Con el fin de lograr un histograma más resistente a los cambios de iluminación, en el descriptor final se hace uso de un histograma normalizado. Curiosamente, el proceso de normalización no se hace sobre los histogramas de cada celda, en vez de ello, las celdas se agrupan en bloques que se superponen y el histograma final es la concatenación de los histogramas del bloque dividido por su magnitud. Finalmente, el descriptor de la imagen es la unión de los histogramas normalizados de cada bloque. La Fig. 2 muestra los

histogramas resultantes de aplicar el algoritmo HOG sobre una imagen del dataset LFW, en este caso cada componente del histograma se grafica como un vector para facilitar su visualización.

Aunque en teoría se puede emplear cualquier método de entrenamiento, comúnmente se hace uso de máquinas vectoriales (SVM) utilizando un kernel lineal. Este justamente es el método utilizado por los autores del HOG debido a su desempeño. También es común encontrar el uso de redes neuronales para el proceso de entrenamiento [13]. Sin importar el método escogido, la idea es realizar un entrenamiento previo con imágenes de rostros (muestras positivas) y no rostros (muestras negativas). Para cada imagen se procede a determinar el descriptor HOG explicado anteriormente, siendo los valores resultantes la entrada para el algoritmo de entrenamiento. Una vez se ha finalizado el entrenamiento, se puede realizar la detección de rostros sobre una imagen.

Como un rostro puede aparecer en cualquier parte de la imagen, normalmente se opta por un algoritmo de ventana deslizante. El esquema de ventana deslizante es costoso en procesamiento, por lo que se acostumbra a emplear un esquema en cascada para acelerar su funcionamiento [14]. También es factible paralelizar el proceso, los trabajos [15] y [16] son ejemplos del uso de la GPU (Graphics Processing Unit) para acelerar el algoritmo.



Fig. 2. HOG

Existen otros métodos de extracción de características de propósito más general, cuyo uso es más común en la fase de reconocimiento de rostros. Estos métodos se mencionarán más

adelante, sin embargo, es de aclarar que varios de ellos pueden emplearse también en la detección de rostros, siguiendo un proceso similar al de los métodos antes descritos.

2.2. Reconocimiento de rostros

El reconocimiento de rostros busca determinar si una imagen corresponde a un rostro previamente registrado, en otras palabras intenta identificar a quién pertenece el rostro que aparece en la imagen.

Una fuerte tendencia en el reconocimiento de rostros es el uso de métodos locales; dichos métodos no buscan una descripción de la imagen en su totalidad, en vez de ello se enfocan en obtener representaciones de sub-regiones de la imagen, comúnmente denominadas parches (patches en inglés). Al usar regiones pequeñas de la imagen se tiene un menor número de valores para representar, y por tanto, se puede hacer uso de un menor número de variables. Adicionalmente, el no tratar la imagen como un todo hace que los algoritmos se vean menos afectados por deformaciones u oclusiones en la imagen [4].

La forma de las regiones y su posición dentro de la imagen total del rostro, varía de un método a otro. Algunos métodos optan por hacer uso de regiones rectangulares formando una grilla sobre la imagen, otros métodos hacen uso de regiones que se superponen, otros hacen uso de regiones circulares, etc. En general la idea es: tomar regiones de la imagen, utilizar sobre cada región un algoritmo para detección de características y crear un descriptor que agrupe los resultados de cada región.

Entre los métodos de detección de características más usados se encuentran: Scale Invariant Feature Transform (SIFT) [17], Speed Up Robust Features (SURF) [18], Features from Accelerated Segment Test (FAST) [19], FAST Oriented FAST and Rotated BRIEF (ORB) [20] y los patrones binarios [21]. SIFT se basa en realizar una diferencia de kernels Gaussianos, a diferentes escalas de la imagen buscando las áreas cuya variación se asemeje más a una esquina. SURF se basa en el mismo principio que SIFT, pero emplea filtros rectangulares para aproximarse al resultado de la diferencia de Gauss, lo que mejora su velocidad de respuesta. Adicionalmente, emplea una matriz de Hessian para la orientación y la escala del punto evaluado. FAST realiza operaciones de diferencia de píxeles en un área circular alrededor del punto, empleando un método de selección de píxeles que permite utilizar

sólo un conjunto de los píxeles que hacen parte del área circular. ORB es una fusión entre dos métodos: FAST y BRIEF, que usa este último para generar una cadena binaria que representa las características relevantes de la imagen. FREAK, al igual que BRIEF y ORB, producen una cadena binaria, pero en este caso la forma en que se realiza el recorrido sobre la imagen está inspirado en el comportamiento de la retina del ojo humano.

En el caso del histograma de patrones binarios locales (LBPH), las características se representan como un patrón de bits que corresponde a la estructura local de una parte de la imagen. En su idea inicial los patrones de bits surgen de la comparación de un píxel con sus vecinos, si la intensidad del píxel es mayor que la de su vecino esto se expresa con un "1", en caso contrario se expresa con un "0". La unión de los bits producidos al comparar el píxel central con cada vecino, siguiendo un orden pre-establecido, produce un número binario. Para el caso de reconocimiento de rostros, se subdivide la imagen en regiones rectangulares, para cada una de las cuales se calcula un histograma [21]. El descriptor final de la imagen del rostro es la concatenación de cada uno de los histogramas locales. Al igual que con otras propuestas, el descriptor se emplea como entrada para un método de entrenamiento.

El problema de usar métodos que se basan en información local, es que no se describe la relación geométrica entre las partes, información que puede ser relevante para la identificación de un rostro. Se han propuesto por tanto, métodos que generan descriptores que incluyen información global y local. Estos métodos, conocidos como métodos jerárquicos, pretenden obtener una descripción local invariante a los cambios de iluminación y una descripción global que ayude a las labores de identificación. En el caso de reconocimiento de rostros, es común el empleo de técnicas de Deep Learning para este tipo de representaciones. El survey [22] resume un conjunto de trabajos en los que se hace uso de Deep Learning para el reconocimiento de rostros. De forma similar el trabajo [13] muestra cómo se pueden usar diversos tipos de redes neuronales, en las diferentes fases del reconocimiento de rostros.

Otra alternativa es procurar ubicar las regiones en los puntos relevantes del rostro, como ojos, nariz y boca, y procurar realizar únicamente la descripción de estas regiones. Esto normalmente implica el uso inicial de algoritmos de detección de puntos clave (landmarks) como el Active Shape Model (ASM) [23]. El ASM permite identificar en una imagen de un

rostro la ubicación de características como nariz, cejas, ojos, boca o barbilla. El esquema general en reconocimiento es utilizar ASM o alguna de sus variaciones para obtener los puntos clave de la imagen, tomar una región alrededor de cada punto y describirla utilizando un algoritmo de detección de características (Gabor, ORB, Binary patterns, etc.), para posteriormente agrupar las características de cada región en un único descriptor

3 PRUEBAS

A pesar de que los métodos de reconocimiento son independientes de la fuente de las imágenes, las imágenes capturadas por un dispositivo móvil de forma cotidiana tienden a tener características diferentes a las imágenes destinadas a ser publicadas. En [24] se abordan estas diferencias y sus posibles implicaciones en la detección de rostros. Adicionalmente, los dispositivos móviles, en especial de bajo costo no cuentan con un hardware comparable con los equipos de escritorio. Trabajos como [25] o [26] son ejemplos de propuestas para afrontar el bajo desempeño de estos equipos. Aunque menos comunes, ya se observan trabajos orientados a mejorar la detección en imágenes de baja calidad, el survey [27] resume varios de los avances en este sentido.

En el caso de este documento, se analiza el desempeño de algunos de los métodos de reconocimiento mencionados en el mismo, cuando se emplean dispositivos móviles de bajo costo.

Para probar el desempeño del proceso de detección se escogió un método basado en extracción de características (el HOG) y para el reconocimiento, se eligió un método de características locales (el LBPH). Además se utilizó el ya tradicional Viola-Jones, como punto de referencia debido a que su eficiencia en tiempo de ejecución es ya reconocida. Para el caso del reconocimiento se escoge un método de extracción de características locales, ya que este tipo de métodos son lo que presentan una mayor cantidad de propuestas en los últimos años. Además como la mayoría de métodos de extracción de características se basan en operaciones de comparación entre píxeles vecinos, se puede pensar que la velocidad de ejecución será similar para todos los métodos (si no se cuenta la influencia del método de aprendizaje de máquina seleccionado).

Para evaluar los métodos antes descritos se crea una aplicación en Android que realiza las siguientes actividades: captura el frame de video de la cámara, pre-procesamiento de la imagen, detección y

reconocimiento. La aplicación se realiza en Android debido a que es común el uso de este sistema operativo en equipos de bajo costo. No se realiza corrección de postura o tracking. Los aspectos que se tienen en cuenta para medir el desempeño del sistema son: tiempo de captura, tiempo de conversión y pre-procesamiento de la imagen, tiempo de detección, resultados de la detección y tiempo del reconocimiento.

No se tiene en cuenta el tiempo de entrenamiento, ya que este proceso se puede realizar en muchos casos antes de la distribución de la aplicación de software. Sin embargo, cabe resaltar que el proceso de entrenamiento aunque no tiene una influencia directa en los tiempos de ejecución, si tiene una gran influencia en la precisión de los resultados.

Aunque la medición de los tiempos de captura y conversión de una imagen se realizó directamente con la cámara del dispositivo, para la detección se empleó el conjunto de imágenes de la base FDDB [28], elaborada por la Universidad de Massachusetts. La base está organizada en diez secciones, cada una de las cuales corresponde a un listado de los rostros presentes en imágenes de la base LFW. Esta misma base se utilizó para el reconocimiento, pero sólo para la medición de tiempos. Para acelerar el procesamiento la imagen de entrada se convertía a una imagen en grises de 384 o de 480 píxeles de alto. Esto no afecta la calidad de los resultados ya que ninguno de los métodos utilizados hace uso del color como característica de descripción.

Para medir el desempeño de la aplicación se realizaron pruebas en dos equipos: un equipo con procesador de cuatro núcleos de 1.2 Ghz, con una cámara de 2 mp, y un equipo con procesador de dos núcleos de 1.2 Ghz con una cámara de sólo 0.3 mp. Ambos equipos cuentan con 1 Gb de memoria RAM.

4 RESULTADOS

En esta sección se presenta un resumen de los resultados de las pruebas realizadas. Estos resultados se dividen en tres partes: el tiempo requerido para la captura y pre-procesamiento de imágenes, los resultados de la fase de detección y los resultados de la fase de reconocimiento de rostros. En todos los casos, los valores mostrados son los valores promedio obtenidos en los dispositivos empleados para las pruebas.

4.1 Fase de Captura y Pre-procesamiento

Para la captura se empleó la cámara posterior del dispositivo, siendo posible acceder al buffer de píxeles de cada frame de video en tiempo real. Sin embargo, en los equipos utilizados para las pruebas, sólo era posible acceder a los valores comprimidos de cada frame, por lo que fue necesario dedicar tiempo del procesador para el proceso de descompresión. Una vez obtenida la imagen sin compresión, ésta se convertía a grises, se escalaba y se equalizaba (equalización del histograma). El tiempo promedio de todo este proceso fue de 16.75 ms por cada frame.

4.2 Fase de Detección

La Tabla 1 muestra los resultados de usar el Viola-Jones (con filtros HAAR) cuando las imágenes son escaladas a una altura de 384 píxeles. De manera similar la tabla 2 muestra los resultados del método HOG para estas mismas imágenes. La columna *Escala* hace referencia a la proporción en que se escala la imagen durante la aplicación de los filtros, *N* es el número de imágenes reconocidas, *VP* son los verdaderos positivos y *FP* son los falsos positivos. En el caso del método HOG la columna *Posturas* presenta el número de posturas pre-entrenadas en el modelo (donde 1 se refiere al empleo de un único modelo de entrenamiento, en posición frontal).

Tabla 1. Viola-Jones. 384 píxeles

Método	Escala	N	VP	FP	Tiempo (ms)
HAAR	1,2	470	207	128	99,4586206897
HAAR	1,5	412	170	134	41,7689655172
HAAR	2	322	111	93	25,3793103448

Tabla 2. HOG. 384 píxeles

Método	Escala	Posturas	VP	FP	Tiempo (ms)
HOG	10	1	227	71	187,5965517241
HOG	10	3	235	89	253,8724137931
HOG	10	5	237	90	334,6655172414
HOG	100	1	227	71	188,6482758621
HOG	100	3	235	89	254,975862069
HOG	100	5	237	90	330,6827586207
HOG	1000	1	227	71	188,2448275862
HOG	1000	3	235	89	253,1137931034
HOG	1000	5	237	90	329,6862068966

De manera similar, las Tablas 3 y 4 presentan los resultados para imágenes de 480 píxeles de alto.

Tabla 3. Viola-Jones. 480 píxeles

Método	Escala	N	VP	FP	Tiempo (ms)
HAAR	1,2	458	205	127	115,7482758621
HAAR	1,5	403	175	132	46,4517241379
HAAR	2	302	102	84	26,4689655172

Tabla 4. HOG. 480 píxeles

Método	Escala	Posturas	VP	FP	Tiempo (ms)
HOG	10	1	220	60	221,2931034483
HOG	10	3	231	73	300,024137931
HOG	10	5	236	72	397,5620689655
HOG	100	1	220	60	223,8379310345
HOG	100	3	231	73	302,5275862069
HOG	100	5	236	72	395,8310344828
HOG	1000	1	220	60	221,5
HOG	1000	3	231	73	299,5827586207
HOG	1000	5	236	72	396,6034482759

Se puede observar que el tiempo de ejecución del Viola-Jones es mejor que el tiempo del HOG en todos los casos, incluso cuando el HOG se emplea con un descriptor de una sola postura (el rostro frontal). Pero los resultados de la detección son mejores en el HOG, teniendo este último mayores "verdaderos positivos" y menos "falsos positivos". Por otra parte, no hay una diferencia importante en los resultados del método HOG cuando se varía el tamaño de la imagen de 384 píxeles a 480 píxeles, Fig. 3. Aunque este factor si es relevante en el tiempo de ejecución, junto con el número de posturas usadas, Fig. 4.

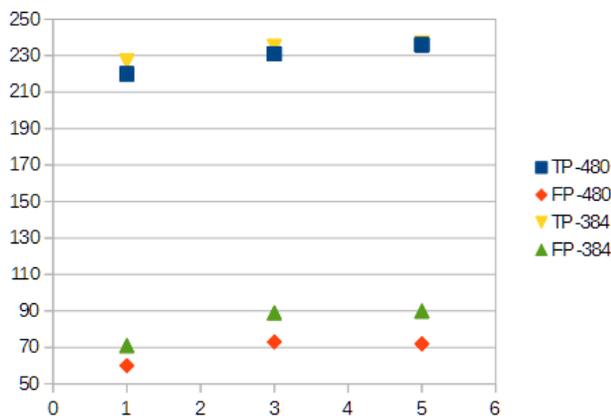


Fig. 3. Posturas vs detecciones positivas

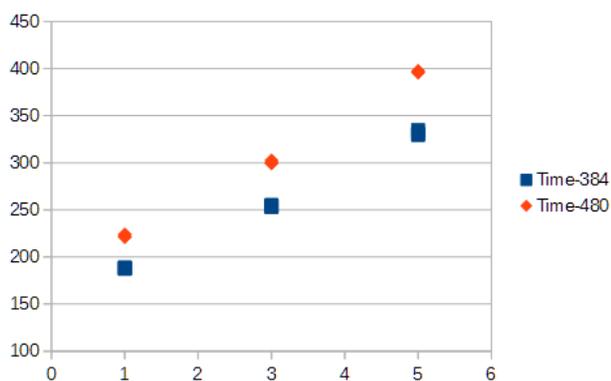


Fig. 4. Posturas vs tiempo de ejecución (ms)

Hay que tener en cuenta que las imágenes capturadas por una cámara de dos mega-píxeles, tendrán una mayor resolución horizontal que las utilizadas en el conjunto de prueba (aunque internamente la imagen se escale a una altura similar el ancho continúa siendo disímil) por lo que los tiempos de ejecución en imágenes capturadas por la cámara serán mayores.

4.3 Fase de Reconocimiento

La tabla 5 muestra el tiempo promedio utilizado por el algoritmo LBPH en procesar una imagen. En todos los casos se empleó un esquema de ocho vecinos. La columna radio de la tabla corresponde al radio en píxeles utilizado para determinar los vecinos, celdas es la cantidad de filas y columnas en que se divide la imagen, mientras que Escala es el tamaño al que se escala la imagen. Como puede observarse la diferencia entre el mejor y el peor tiempo es de sólo 0.95 milésimas de segundo, por lo

que, si se mantiene el mismo número de vecinos la ejecución es prácticamente constante.

Tabla 5. Método LBPH

Radio	Celdas	Escala	Tiempo (ms)
1	5	70	11,1174698795
1	5	128	11,4608433735
1	8	128	10,9819277108
2	5	70	10,6777108434
2	5	128	11,0060240964
2	8	128	11,1596385542
4	5	70	11,6325301205
4	5	128	10,7228915663
4	8	128	10,9789156627

Como era de esperarse, el tiempo de ejecución y la precisión del proceso total dependen de los algoritmos seleccionados para realizar la detección y el reconocimiento. A pesar de ello, se puede observar que el tiempo del proceso de reconocimiento es bajo comparado con el tiempo de detección y también es menor que el tiempo de captura y pre-procesamiento. En cualquier caso, sin importar los métodos seleccionados, el proceso completo no toma un tiempo menor a los 50 milisegundos.

5 CONCLUSIONES

En cuanto a dispositivos móviles de consumo masivo se refiere, no parece posible lograr aplicaciones de reconocimiento de rostros que trabajen sobre un stream de video, sin asumir limitaciones en cuanto a la calidad del proceso de detección o sin la implementación de métodos de tracking. Por lo menos en el caso de los métodos probados.

El proceso de captura y pre-procesamiento por sí sólo requiere 17 ms, lo que deja sólo 16 milisegundos para procesar cada frame de un video con una frecuencia de 30 frames por segundos. Esto de por sí hace poco probable poder realizar el procesamiento de cada frame de video en tiempo real sin importar cuáles son los algoritmos seleccionados, ya que estos 16 milisegundos deben repartirse entre el proceso de detección y reconocimiento.

En cuanto a las diferentes fases del sistema de reconocimiento, la detección de rostros es la más exigente, llegando a ser de hasta 300 ms cuando se

usa el algoritmo HOG tradicional con varias posturas. En general, parece conveniente utilizar un algoritmo como el Viola-Jones, que aunque no tan preciso tiene un buen tiempo de respuesta, o utilizar versiones optimizadas de otros algoritmos (que hagan uso de la GPU por ejemplo) junto con un algoritmo de tracking. Un algoritmo de tracking permitiría reducir el número de frames en los que es necesario el proceso de detección, ya que en algunos frames el espacio de búsqueda se limitaría a aquellas regiones de la imagen donde "posiblemente" aparece un rostro detectado en un frame anterior.

La selección del algoritmo de detección debe tener en cuenta además, que la calidad de las imágenes en un stream de video no es similar a la calidad de una imagen fija, sobre todo en cámaras utilizadas por dispositivos de bajo costo. Es por tanto más probable la aparición de imágenes borrosas.

También es necesario restringir la detección a un número limitado de posturas (idealmente sólo la frontal), teniendo en cuenta que incluso el método Viola-Jones requirió cerca de 40 milisegundos para dar resultados aceptables con una única postura. El uso de varias posturas no dejaría tiempo disponible para el proceso de reconocimiento incluso con el uso de un algoritmo de tracking.

REFERENCIAS

- [1] D. Changxing, C. Jonghyun, T. Dacheng, and L. S. Davis, "Multi-Directional Multi-Level Dual-Cross Patterns for Robust Face Recognition," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 38, no. 3, pp. 518-531, 2016.
- [2] S. Rahimzadeh Arashloo and J. Kittler, "Fast pose invariant face recognition using super coupled multiresolution Markov Random Fields on a GPU," *Pattern Recognition Letters*, vol. 48, pp. 49-59, 2014.
- [3] E. Learned-Miller, G.B. Huang, A.R. Chowdhury, H. Li, and G. Hua, "Labeled faces in the wild: A survey," *Advances in Face Detection and Facial Image Analysis*, pp. 189-248, 2016.
- [4] V. Vijayakumari, "A Survey on Face Recognition Techniques," *World Journal of Computer Application and Technology*, vol. 1, no. 2, pp. 41-50, 2013.
- [5] C. Zhang and Z. Zhang, "A Survey of Recent Advances in Face Detection," *Microsoft Research*, no. June, p. 17, 2010.
- [6] R. Jafri and H. R. Arabnia, "A Survey of Face Recognition Techniques," *Journal of Information Processing Systems*, vol. 5, no. 2, pp. 41-68, 2009.
- [7] N. Wang, X. Gao, D. Tao, H. Yang, and X. Li, "Facial feature point detection: A comprehensive survey," *Neurocomputing*, vol. 275, pp. 50-65, 2018. [Online]. Available on: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925231217308202>
- [8] M.a. Ma Turk and Ap A.P. Pentland, *Face Recognition Using Eigenfaces*, 1991.
- [9] M. H. Yang, D. J. Kriegman, and N. Ahuja, "Detecting Faces In Image : A Survey," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 24, no. 1, pp. 34-58, 2002.
- [10] R. Ahdid, K. Taifi, S. Safi, and B. Manaut, "A Survey on Facial Feature Points Detection Techniques and Approaches," *International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering*, vol. 10, no. 8, pp. 1504-1511, 2016.
- [11] P. Viola and M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, vol. 1, pp. 1--511----1----518, 2001.
- [12] N. Dalal and B. Triggs, "Histograms of oriented gradients for human detection," *Proceedings - 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2005*, vol. 1, pp. 886-893, 2005.
- [13] M. M Kasar, D. Bhattacharyya, and T.H. Kim, "Face Recognition Using Neural Network: A Review," *International Journal of Security and Its Applications*, vol. 10, no. 3, pp. 81-100, 2016. [Online]. Available on: <http://dx.doi.org/10.14257/ijisia.2016.10.3.08>
- [14] Q Zhu, S. Avidan, M. C. Yeh, and K.-T. Cheng, "Fast Human Detection Using a Cascade of Histograms of Oriented Gradients," *Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 2, pp. 1491-1498, 2006.
- [15] V. A. Prisacariu and I. Reid, "fastHOG - a real-time GPU implementation of HOG," *Science*, vol. 2310, no. 2310, pp. 1-13, 2009. [Online]. Available on: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.159.1161rep=rep1type=pdf>
- [16] M. Hirabayashi, S. Kato, M. Edahiro, K. Takeda, T. Kawano and S. Mita, "GPU implementations of object detection using HOG features and deformable models," *2013 IEEE 1st International Conference on Cyber-Physical Systems, Networks, and Applications, CPSNA 2013*, pp. 106-111, 2013.
- [17] D.G. Lowe, "Distinctive image features from scale invariant keypoints," *Int'l Journal of Computer Vision*, vol. 60, pp. 91-11020042, 2004.
- [18] H. Bay, T. Tuytelaars, and L. Van Gool, "SURF: Speeded up robust features," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 3951 LNCS, pp. 404-417, 2006.
- [19] E. Rosten and T. Drummond, "Machine learning for high-speed corner detection," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 3951 LNCS, pp. 430-443, 2006.
- [20] E. Rublee, V. Rabaud, K. Konolige, and G. Bradski, "ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF," *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, pp. 2564-2571, 2011.
- [21] T. Ahonen, A. Hadid, M. Pietikäinen, and M. Pietik, "Face recognition with local binary patterns," *Proc. of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*, pp. 469-481, 2004. [Online]. <http://www.springerlink.com/index/P5D9XP9GFKEX5GK9.pdf>

- [22] M. Wang and W. Deng, "Deep Face Recognition : A Survey," *ArXiv e-prints*, pp. 1-17, 2018. [Online], Available on: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2018arXiv180406655W>
- [23] S. Milborrow and F. Nicolls, "Locating facial features with an extended active shape model," *Proc. of European Conf. on Computer Vision*, vol. 5305 LNCS, no. PART 4, pp. 504-513, 2008.
- [24] R. D. Findling and R. Mayrhofer, "Towards face unlock: on the difficulty of reliably detecting faces on mobile phones," *Proceedings of the 10th International Conference on Advances in Mobile Computing*
- [25] E. Kodirov, A. Fahmi Pn, G. S. Lee, D. J. Choi, and In Seop Na, "Robust Real Time Face Tracking in Mobile Devices," *Proceedings of the 7th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication*, no. 82, pp. 88:1----88:8, 2013. [Online], Available on: <http://doi.acm.org/10.1145/2448556.2448644>
- [26] A. El-mahdy, R. Elmersy, and Face Recognition, "A Large-Scale Mobile Facial Recognition System Using Embedded GPUs," *HPC '14 Proceedings of the High Performance Computing Symposium*, p. 23, 2014.
- [27] Y. Zhou, D. Liu, and T. Huang, "Survey of Face Detection on Low-quality Images," *ArXiv e-prints*, 2018. [Online], Available on: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2018arXiv180407362Z>
- [28] V. Jain and E. Learned-Miller, "FDDB : A Benchmark for Face Detection in Unconstrained Settings," University of Massachusetts, 2010.
- [29] I. Kemelmacher-shlizerman Steve, S. Daniel, and C V Dec, "The MegaFace Benchmark : 1 Million Faces for Recognition at Scale," *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 4873----4882, 2016.
- [30] Proyecto Fin De Carrera and Ion Marques, "Face recognition algorithms," Euskal Herriko, Tech. rep. 2010.
- [31] L. Hoang Thai, "Face Alignment Using Active Shape Model And Support Vector Machine The Active Shape Model (ASM) is one of the most popular local texture models for face alignment. It applies in many fields such as locating facial features in the accuracy of the classi," *International Journal of Biometrics and Bioinformatics*, vol. 4, no. 6, pp. 224-234, 2012. [Online]. <http://arxiv.org/abs/1209.6151v15Cnpapers2://publication/uuid/CCF48C7F-E0FD-4833-BA98-FC58E1679211>



Frameworks para el desarrollo de prototipos WEB: Un caso de aplicación

Frameworks for the development of WEB prototypes: An application case

Víctor Daniel Gil Vera, MsC

Universidad Católica Luis Amigó
Medellín, Colombia

Victor.gilve@amigo.edu.co

Claudio Rogério Gomes Da Silva, MsC

Universidade Federal do Pará
Belén, Brasil

claudiorogerio001@gmail.com

Juan Carlos Gil Vera

Universidad Nacional de Colombia
Medellín, Colombia

jcgil@unal.edu.co

Jule Teutsch

University of Hildesheim
Hildesheim, Alemania

juleteutsch.munchen@gmail.com

(Recibido el 12-12-2017, Aprobado el 18-04-2018, Publicado el 03-07-2018)

Estilo de Citación de Artículo:

V. Gil, J.C. Gil, C.R. Gomes, J. Teutsch, "Desarrollo de un Prototipo Web con Pisis-Framework", Lámpsakos, no. 20, pp 40-53, 2018
DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2065>

Resumen: Los *Frameworks* para el desarrollo de aplicaciones web facilitan el trabajo de desarrolladores y profesionales de la industria informática. Tareas que requieren conocimientos y técnicas avanzadas de programación pueden realizarse con facilidad y en poco tiempo, suprimiendo la tediosa y repetitiva tarea asociada con patrones comunes de desarrollo web. Este trabajo tiene como objetivo presentar el desarrollo e implementación de un prototipo web que maneja el dominio de los cursos y los docentes del Departamento de Ciencias de la Computación y la Decisión de la Facultad de Minas - Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín con el *Framework* PISIS y programación orientada a objetos en PHP. Con este trabajo se concluye que el uso de *Frameworks* ayuda a disminuir errores de invalidez y permiten que los desarrolladores puedan centrarse en la escritura de su aplicación.

Palabras clave: Smarty, Plantilla, Frameworks, Prototipo, Clase, Objeto.

Abstract: The Frameworks for the development of web applications facilitates the work of developers and professionals of the computer industry. Tasks that require knowledge and advanced programming techniques can be done with ease and in a short time by eliminating the tedious and repetitive task associated with common patterns of web development. This paper presents the

development and implementation of a web prototype that manages the domain of the courses and the teachers in the Department of Computer Science of the Faculty of Mines - National University of Colombia - Medellín with the Framework PISIS and object oriented programming in PHP. This paper concluded that the use of frameworks help reduce errors of invalidity and allow developers can focus on writing your application.

Keywords: Smarty, Template, Frameworks, Prototype, Class, Object.

1. INTRODUCCIÓN

Las metodologías ágiles se orientan al desarrollo rápido de aplicaciones de software, apoyándose en prototipos ejecutables que evolucionan hasta la aplicación definitiva, a medida que se descubren e incorporan los requisitos del área de la aplicación. Para facilitar este tipo de desarrollo es necesario contar, por un lado, con una arquitectura para el software que garantice la mantenibilidad, y por el otro, con herramientas automatizadas que den apoyo a la construcción, prueba y depuración del software en elaboración.

Los *Frameworks* han mostrado ser herramientas útiles para dar apoyo al proceso de construcción de software, debido a que impulsan la reutilización del código, al prescribir y soportar una arquitectura estandarizada que garantiza su mantenibilidad. En el grupo de ingeniería del software del Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión de la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, se ha analizado la viabilidad de complementar el método de desarrollo UNC-METODO con metodologías ágiles a través del uso de *Frameworks*.

Con este fin se experimentó con algunos *Frameworks* de uso libre disponibles en la web [1] y se inició la construcción de un prototipo de *Framework* con las características que mejor se adaptaban al método. Al *Framework* desarrollado se le denominó PISIS_FRAMEWORK, el cual ha sido empleado como soporte para la reconstrucción de la página PISIS, que constituye la intra-web del departamento antes referido.

Un aspecto clave del PISIS_FRAMEWORK es que soporta una estrategia de desarrollo que privilegia el prototipado de las interfaces de usuario sobre la definición de la base de datos, en contraste con los *Frameworks* analizados. Es así que para obtener interfaces activas, no es necesario contar previamente con la Base de Datos; retrasando el diseño de esta última, para cuando exista claridad sobre la forma en que será usado el software en el área de aplicación.

En este artículo se presenta la manera como el PISIS-FRAMEWORK facilita la definición de las interfaces de usuario, en el marco de la estructura de navegación de la página web PISIS. El *Framework* utiliza plantillas *smarty* para presentar las vistas de la aplicación por medio de pestañas que facilitan la navegación, este enfoque de diseño enriquece el mantenimiento de la misma al crear un mecanismo de edición para manejar dicho contenido. En el artículo se presentan los siguientes aspectos del *Framework*: estructura, edición de datos, construcción de páginas web, sugerencias para trabajos futuros y por último las conclusiones obtenidas.

2. FRAMEWORKS PARA LA CREACIÓN DE APLICACIONES WEB

Algunas de las definiciones de *Frameworks* para la creación de aplicaciones Web encontradas en la revisión de la literatura hacen referencia a:

- Soluciones de alto nivel para la reutilización de piezas de software, permiten reutilizar funciones comunes y lógica genérica en un dominio de aplicación. Estos garantizan calidad del producto final, ya que una parte importante ha sido construida, probada y validada [2].
- Conjunto de códigos predefinidos o bibliotecas que proporcionan funcionalidad común a toda una clase de aplicaciones [3]. Puede ser visto como una base o esqueleto para construir aplicaciones o sitios web [3].
- Estructuras para la creación de aplicaciones web que permiten al programador desarrollar aplicaciones con interfaces interactivas y también para que la aplicación se ejecute en una máquina que está controlada por el proveedor de la aplicación [4].

Diversos *Frameworks* basados en diferentes lenguajes de programación están disponibles en la web para su libre utilización, como es el caso de: JSF, Struts, Ruby on Rails, Grails, Cake PHP, Django y Catalyst [5]. A continuación se describe brevemente cada uno de ellos:

- Java Server Faces (JSF): framework para la creación de contenido web dinámico basado en Java, el cual emplea Java Server Pages (JSP) para la visualización de páginas [6].
- Apache Struts: *framework* Modelo - Vista-Controlador (MVC) de código fuente abierto para la creación de elegantes y modernas aplicaciones web Java [7].
- Ruby on Rails (RoR): software de código abierto que permite a programadores desarrollar aplicaciones utilizando únicamente RoR, sin necesidad de utilizar otros lenguajes de programación tales como JavaScript, C ++ o HTML [8].
- Grails: potente *framework* de código fuente abierto de desarrollo web construido sobre el lenguaje de programación Groovy para la plataforma Java, destinado a multiplicar la productividad de los desarrolladores [9].
- Cake PHP: es uno de varios entornos de aplicaciones de código abierto como Ruby, Zend o symfony que permite la rápida generación de una interfaz gráfica de usuario basada en web para una base de datos SQL, está escrito en PHP y es distribuido bajo la licencia del Instituto tecnológico de Massachusetts MIT [10].

- Django: *framework* web de Python de código fuente abierto de alto nivel que fomenta el rápido desarrollo y el diseño limpio y pragmático [11].
- Catalyst: *framework* para la construcción de aplicaciones web escrito en Perl, el cual soporta la arquitectura Modelo - Vista -Controlador (MVC) [12].
- Symfony: conjunto de componentes de PHP para crear sitios y aplicaciones web basad en el patrón (MVC) [13].

3. ESTRUCTURA DE LA PÁGINA WEB DE PISIS

La página de PISIS está conformada por una serie de vistas que tienen una estructura que se repite de forma sistemática. Las vistas de PISIS tienen una cabecera, un cuerpo principal y un pie de página, Fig 1.



Fig 1. Vista de la Sección de un Docente. Fuente: PISIS

El cuerpo principal presenta los datos que identifican el "objeto base de la vista", en este caso un docente. Luego presenta un conjunto de pestañas correspondientes a información más específica del objeto base. Como son la pestaña "cursos" que lista los cursos a cargo del docente. La lista de cursos contiene una serie de columnas con la información básica de cada curso. La cabecera está conformada por un encabezado que contiene los logos de la

universidad, la facultad y el departamento al que pertenece la información; una sección de identificación para el usuario, que muestra su rol dentro de la página y los campos de autenticación; y finalmente, una sección con enlaces de navegación, que en la figura, señalan a un docente y sus cursos como el contenido del cuerpo principal, Fig. 2.

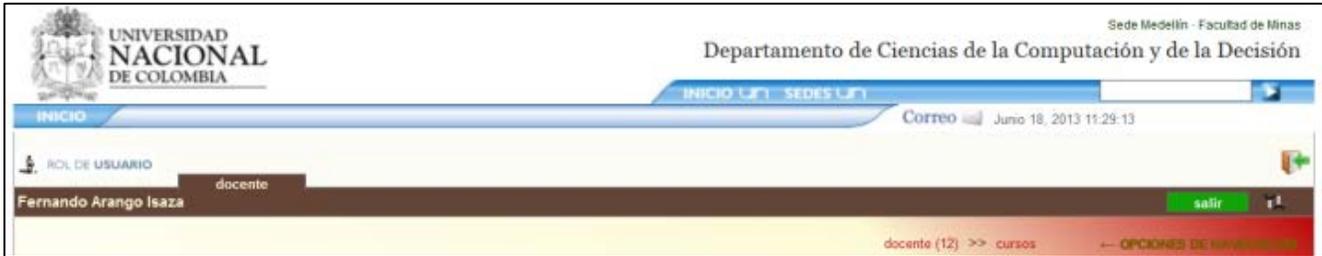


Fig. 2. Cabecera de la página de la Sección de un Docente. Fuente: PISIS

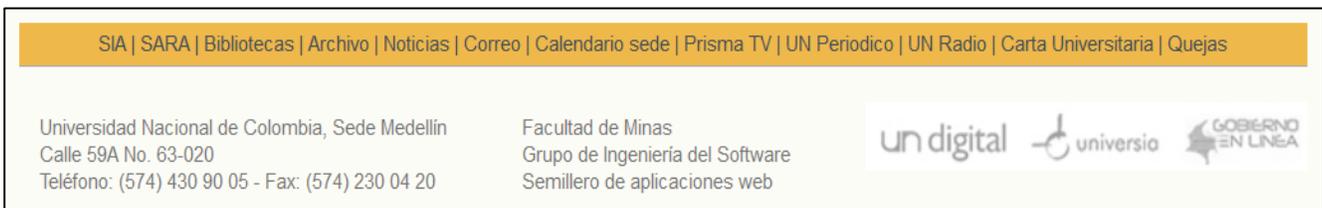


Fig.3. Pie de página de la página de la sección de un Docente. Fuente: PISIS

El pie de página está integrado por un conjunto de links de navegación y de información que aluden a otros sitios de interés en la página de la universidad, Fig. 3.

Desde la lista de cursos se puede navegar a la información de cualquiera de los cursos al presionar doble clic sobre el curso de interés, induciendo el despliegue de la vista que contiene a dicho curso como su objeto base. Al igual que en la vista anterior se presentan primero los datos que identifican el objeto base y luego una serie de pestañas correspondiente a datos más específicos del objeto visualizado. En la Fig. 4, se presenta la selección del curso "Lenguajes Lógicos y Funcionales".

Además de los datos básicos del curso se visualiza la información correspondiente a la pestaña "secciones" que contiene información relativa a las actividades, temas y documentos que componen el curso. Para visualizar otra información diferente del curso se debe dar clic sobre la pestaña correspondiente. A continuación se presenta el contenido de la pestaña "bibliografía", que visualiza los documentos que constituyen el material de lectura del curso.

Similarmente a la lista de cursos, la lista de documentos contiene una serie de columnas con la información básica de cada documento. Los datos de cada columna se denominan "atributos". Al igual que para los cursos, para visualizar de forma más detallada los datos de un documento basta con seleccionar la fila del documento y dar clic. Al navegar por la página e ir avanzando sobre los objetos de la vista, se va cambiando de faceta y la barra de navegación se va actualizando mostrando el camino de navegación. Para devolverse a cualquier lugar del camino es suficiente con dar clic sobre el lugar de navegación al cual se desea retornar.

Para visualizar los datos, el *Framework* crea un árbol de navegación conformado por el objeto raíz del árbol que será el objeto principal desde donde el *Framework* iniciará la navegación y la visualización de la página. La Fig. 6, presenta la jerarquía de los objetos que estructuran la aplicación.

3007743: Lenguajes Lógicos y Funcionales
 2012-3 / Mi-V 10-12 / M8-201

curso secciones bibliografía documentos estudiantes grupos pruebas ← OPCIONES

Datos Propios del Curso

dato	valor
nombre	Lenguajes Lógicos y Funcionales
horario	Mi-V 10-12
lugar	M8-201
matr	
docente	12
asignatura	3007743
grupo	1
año	2012
semestre	3

Fig.4. Vista del Curso Lenguajes Lógicos y Funcionales. Fuente: PISIS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Facultad de Minas Escuela de Sistemas

Junio 04, 2012 09:32:48

ROL DE USUARIO visitante

[No ha ingresado al sistema] Usuario Contraseña **ingresar**

docentes (8305562) >> cursos (1,3007743,2011,3) >> bibliografía OPCIONES DE NAVEGACION

3007743 : Lenguajes Lógicos y Funcionales
 Semestre: 2011-3 / Horario: Mi-V 10-12 a.m. / Lugar: M8-201

secciones **bibliografía** estudiantes pruebas grupos OPCIONES

Material Bibliográfico del Curso

Id	Autor Año	Titulo	Editorial	Publicacion				Fecha	
				ISBN/ISSN	Pag. Ini	Pag. Fin	Num Vol		Num Ejem
<input type="checkbox"/>	[Abelson1985]	Structure and Interpretation of Computers Programms	The MIT Press	28676					1985
<input type="checkbox"/>	[Arango2008]	Aplicaciones de la Logica al Desarrollo del Software	En preparacion	1232					2008
<input type="checkbox"/>	[Grassmann1996]	Matematica Discreta y Logica	Prentice may, Madrid	84-89660-04-2					1996
<input type="checkbox"/>	[Branch2006]	Hoy dormire mejor que ayer	Revista Dyna		53	58	2	1	2006

SIA | Bibliotecas | Archivo | Agencia de Noticias | Correo | Calendario sede | Prisma TV | UN Periodico | UN Radio | Carta Universitaria | Sistema Quejas

Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín
 Calle 59A No. 63-020
 Teléfono: (574) 430 90 05 - Fax: (574) 230 04 20

Facultad de Minas
 Grupo de Ingeniería del Software
 Semillero de aplicaciones web

un digital universio GOBIERNO EN LINEA

Fig. 5. Vista de la Faceta bibliografía. Fuente: PISIS

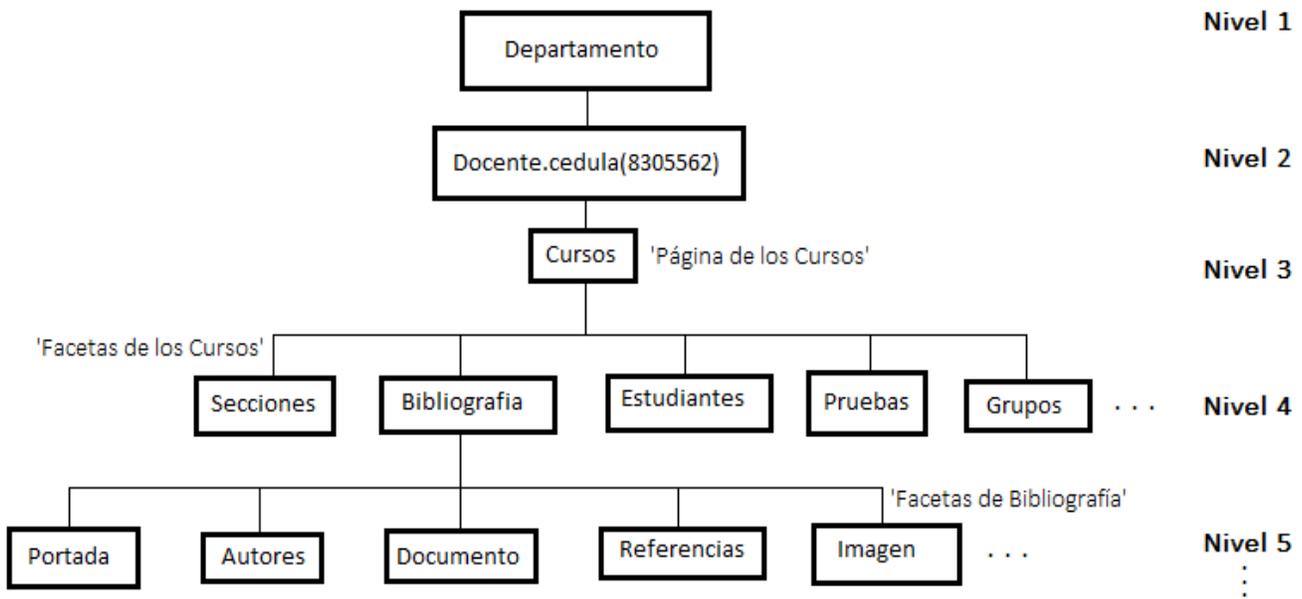


Fig. 6. Árbol de navegación que muestra el camino de navegación de la página a través de las clases. Fuente: elaboración de los autores

El árbol muestra que un objeto "Docente" tendrá una relación con un conjunto de objetos de Curso. De la misma manera un objeto "Curso" tendrá relación con varios conjuntos de objetos: "Secciones", "Bibliografía", "Estudiantes", "Pruebas" y "Grupos de estudiantes" que conforman el curso. A los conjuntos de objetos con los que se relaciona un objeto se denominan "facetas" de dicho objeto. Un objeto "Bibliografía", tiene como facetas "Portada", "Autores", "Documento", "Referencias" e "Imagen".

4. EDICIÓN DE DATOS CON PISIS FRAMEWORK

Una página web desarrollada con el *Framework* puede ser editada si el usuario tiene permisos de edición. Un docente puede ingresar en modo de edición y de consulta a la vista con las secciones de los cursos que tiene a su cargo; y en contraste, un estudiante únicamente puede ingresar a dicha página en modo de consulta. Para pasar del modo de consulta al modo de edición y viceversa, el usuario debe presionar el ícono situado al lado superior derecho de la vista que desea ver o editar. Para realizar una operación de edición en el *Framework*, la vista presenta un conjunto de iconos de edición, Fig. 7.

A continuación se explica la funcionalidad de cada ícono de izquierda a derecha:

1. Borra un objeto seleccionado
2. Modifica los valores de un objeto seleccionado
3. Selecciona como origen de copia a uno ó varios objetos que se desean copiar en otros lugares de la vista
4. Activa una vez se tengan seleccionados uno o varios objetos como origen de copia, y se usa para pegar los objetos origen de copia sobre los objetos seleccionados
- 5 y 6. Introducen nuevos objetos arriba ó debajo de los objetos previamente seleccionados
7. Guarda los cambios realizados
8. Deshace una operación de edición
9. Rehace un cambio antes deshecho
10. Desecha y cancela todos los cambios realizados.

Para editar objetos, la vista de la página presenta a la izquierda de las filas que representan los objetos, una caja de chequeo para seleccionar aquellos sobre los cuales se desea realizar una operación de edición, Fig. 8.

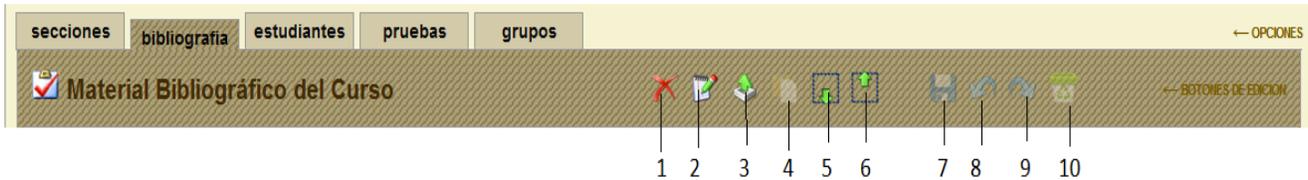


Fig.7. Vista del Menú de Edición con sus Iconos. Fuente: PISIS

Id	Autor Año	Titulo	Editorial	Publicacion					Fecha
				ISBN/ISSN	Pag. Ini	Pag. Fin	Num Vol	Num Ejem	
<input checked="" type="checkbox"/>	[Abelson1985]	Structure and Interpretation of Computers Programms	The MIT Press	28676					1985
<input type="checkbox"/>	[Arango2008]	Aplicaciones de la Logica al Desarrollo del Software	En preparacion	1232					2008
<input type="checkbox"/>	[Grassmann1996]	Matematica Discreta y Logica	Prentice Hall, Madrid	84-89660-04-2					1996

Fig. 8. Edición de objetos. Fuente: PISIS

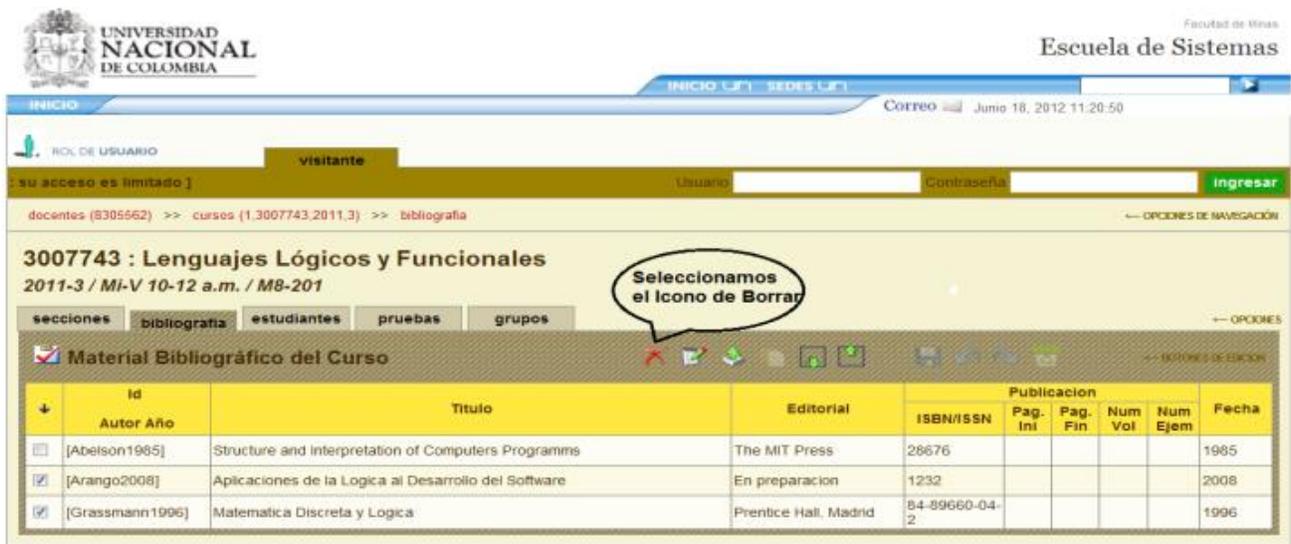


Fig. 9. Eliminación de objetos. Fuente: PISIS

Para borrar uno o varios objetos, se deben seleccionar las "cajas de chequeo" a la izquierda y a continuación seleccionar el icono de borrar. La Fig. 9 y Fig. 10, presentan como borrar dos objetos de tipo documento:

Para editar uno o varios objetos, primero se deben seleccionar las "caja de chequeo" a la izquierda y a

continuación seleccionamos el icono de editar, lo que permite escribir en un campo de texto sobre el dato que deseamos editar. La Fig. 11, muestra la edición de dos objetos.

Luego de editar los campos deseados se presiona de nuevo el icono. En la Fig. 12, se presentan los resultados después de una operación de edición.

The screenshot shows the same table as in Fig. 8, but with the first two rows (Abelson1985 and Arango2008) removed, leaving only the row for Grassmann1996.

Id	Autor Año	Titulo	Editorial	Publicacion					Fecha
				ISBN/ISSN	Pag. Ini	Pag. Fin	Num Vol	Num Ejem	
<input type="checkbox"/>	[Abelson1985]	Structure and Interpretation of Computers Programms	The MIT Press	28676					1985

Fig. 10. Resultado de la operación de borrar los dos objetos seleccionados después de seleccionar el icono de borrar. Fuente: PISIS

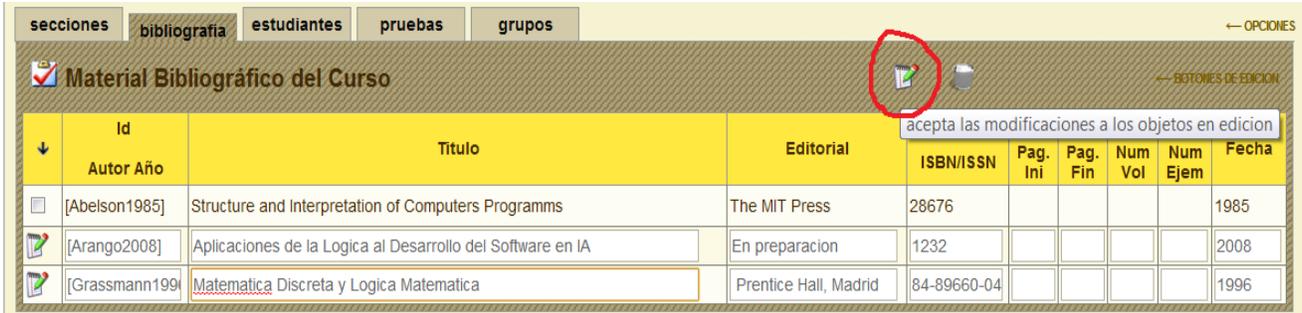


Fig. 11. Edición de los datos en dos objetos al seleccionar el icono de edición. Fuente: PISIS



Fig. 12. Resultado después de editar los títulos de los objetos en edición. Fuente: PISIS

4.1 Incorporación de nuevas facetas en un objeto y de vistas sobre nuevos objetos

En el PISIS_FRAMEWORK, tanto para visualizar nuevas facetas en los objetos de un tipo (del área de la aplicación), como para visualizar los datos y las facetas de los objetos de un nuevo tipo, es suficiente con especificar estos elementos en las clases asociadas con dichos objetos en el marco del FRAMEWORK.

A continuación se muestra primero la estructura de directorios del FRAMEWORK, en el marco del medio ambiente de desarrollo ofrecido por el SDK ECLIPSE para el lenguaje PHP, y luego se describe en detalle los elementos que conforman las clases de la capa del "modelo" del FRAMEWORK.

4.2 Jerarquía de directorios del PISIS - Framework

Una aplicación web desarrollada con el Framework de PISIS presenta la estructura de directorios mostrada en la Fig. 13.



Fig. 13. Estructura de directorios en una aplicación web desarrollada con el Framework de PISIS. Fuente: PISIS

Este conjunto de directorios se encuentra guardado dentro de un directorio principal que se ha denominado "CURSOS", este es el directorio que se debe ubicar en el host del servidor web y que permitirá visualizar la aplicación web que se está desarrollando. Los archivos de mayor importancia para crear las vistas de una aplicación web son los archivos del directorio "model", donde se localizan las clases php para definir las clases que describen las características de los tipos de objetos del área de la aplicación que se mostrarán en la página.

5. CLASES DEL MODELO EN EL PISIS FRAMEWORK

Todas las clases del modelo en este *Framework* deben heredar de forma directa o indirecta de la clase objeto estándar "Obj_Std", esta clase se halla

localizada en el directorio "model" de la estructura de directorios del *Framework* y contiene toda la infraestructura que comparten las clases del modelo en la aplicación, Fig. 14.

```
class Obj_Std
{
// -----
// Atributos basicos
// Actualizacion: "D"= borrado, "E"= eliminado, "C"= cambiado, "I"= insertado
// Clave: array(<name1>=><valor1>,<name2>=><valor2>,...)
// -----
protected $Actualizacion=""; // registra si el objeto ha sido modificado
protected $Clave = array(); //todo objeto real debe tener un clave

// -----
// Componentes externas de la clase: Atributos derivados de las relaciones con otras clases
// -----

// -----
// Interfaz para consulta de los atributos de la clase
// -----
protected static $Clase_Clave = array();
protected static $Clase_Attr = array(/*'objeto' => '*' */);
protected static $Clase_Faceta = array();

// -----
// constructor de un objeto de la clase
// -----
function Obj_Std($Dt=NULL, //vector de datos del objeto
                $Dispositivo = NULL, //Gestor del dispositivo de almacenamiento
                $Componente = array() //arbol de componentes externas a ser incluidas
            )
{
}
```

Fig. 14. Clase Objeto Estándar "Obj_Std". Fuente: PISIS

Las clases de este *Framework* carecen de un constructor propio para instanciar los objetos, el constructor debe ser heredado de la clase objeto estándar ?Obj_Std? ya sea por herencia directa o por herencia de la clase padre a la que extienda cada clase. De la clase objeto estándar se heredan los atributos ?actualizacion? y ?clave?, que apoyan el proceso de actualización de la base de datos. Una clase tiene definido un conjunto de atributos básicos protegidos de tres tipos, Fig. 15. En primer lugar, están los atributos básicos que corresponden a los atributos miembros de la clase del diagrama de clases.

En segundo lugar, hay un conjunto de atributos denominados "facetas de la clase". Estos atributos se corresponden, en general, con los atributos derivados a través de las relaciones con otras clases. Estos atributos se consideran como conjuntos de objetos de las clases relacionadas y se guardan en arreglos para ser accedidos y manipulados desde de la clase.

```
<?php
class Documento extends Obj_Std
{
// -----
// Atributos basicos
// -----
protected $Identificacion; //Una sigla para el autor principal seguida del año de publicacion todo entre [
protected $Titulo; //Titulo de la referencia.
protected $Fecha_publicacion; //Fecha de la publicacion de la referencia.
protected $Url;
protected $Editorial; //Nombre de la revista ó la Editorial.
protected $num_volumen;
protected $num_ejemplar;
protected $issn; //Para una revista.
protected $isbn; //Para un libro.
protected $tipo_publicacion; //libro, Revista, Resis, Artículo.
protected $pagina_inicial;
protected $pagina_final;
protected $palabras_claves;
protected $resumen;
protected $prologo;
protected $imagen;
protected $descripcion;
protected $contenido;

// -----
// Facetas de la clase: Atributos derivados de las relaciones con otras clases
// -----
protected $autores = array(); //Apellidos y nombre de cada autor
protected $publicacion; //arreglo de instancias de Lectura
}
```

Fig. 15. Atributos Protegidos de una clase del *Framework* de PISIS. Fuente: PISIS

En tercer lugar, están los atributos derivados de la clase que son atributos cuyo valor se obtiene de diferentes operaciones entre los atributos de la clase. Como elemento sustancial para el *Framework*, es necesario que todas las clases tengan definido un conjunto de arreglos estáticos protegidos que le describen al *Framework* las características mismas de la cada clase. A estos atributos se les denomina metadatos de la clase y se presentan en las Fig. 16, Fig. 17, Fig. 18, Fig. 19 y Fig. 20. En los metadatos se define la clase padre a la que hereda la clase actual, los atributos de la clase padre se incorporan a esta clase directamente por herencia. A continuación se explican los cuatro atributos que conforman los metadatos de la clase:

5.1 Atributo clave del objeto

El primero de estos atributos es "Clase_Clave", que sirve para definir la clave del objeto y se corresponde con el atributo "Clave" de la clase objeto estándar. Para definirlo se emplea un array asociativo de la forma:

```
array(<id_valor1>=><tipo_valor1,  
id_valor2>=><tipo_valor2>...),
```

Donde id_valor_i es el nombre que identifica la componente i-esíma de la clave y tipo valor es el

tipo de dicha componente. Para el ejemplo de la Fig. 16, la clave está conformada por un solo valor de nombre "curso" y de tipo "integer".

```
protected static $Clase_Clave = array('curso'=>'*integer');
```

Fig. 16. Atributo clave de la clase. Fuente: PISIS

5.2 Array de atributos

El segundo de estos atributos de los metadatos, es un array asociativo de nombre "\$Clase_Attr" que contiene como clave el nombre del atributo y como valores los datos separados por coma; su tipo de dato, el tamaño en caracteres, el rotulo de presentación en los listados y su descripción, si no se definen en este array todos los atributos declarados se generara un mensaje de error. Estos atributos son tanto los atributos base de la clase que almacenan un dato, como también los atributos derivados de operaciones entre atributos y los atributos obtenidos por la clave. Para todos estos atributos se debe definir un método "get_<nombre_de_atributo>" que permite accederlos desde los métodos de la clase objeto estándar, Fig. 17.

```
protected static $Clase_Attr =  
array( 'datos_basicos'=>'string',  
'identificacion'=>'string',  
'nombre'=> 'string,40,NOM,Nombre de la Asignatura Correspondiente al Curso',  
'horario'=> 'string,10,Hor,Horario en que se imparte el curso',  
'lugar'=> 'string,10,SAL,Código del Salon Donde se Imparte el Curso',  
'matr'=> 'integer,5,MATR,Número de estudiantes Matriculados',  
'docente'=> 'string,20,DOC,Código del Docente a cargo del Grupo',  
'grupo'=> 'integer,4,GRU,Código de grupo del curso',  
'asignatura'=> 'integer,10,COD,Código SIA de la Asignatura',  
'anio'=> 'integer,4,AÑO,Año del período académico',  
'semestre'=> 'integer,2,SEM,Semestre del Período Académico' );
```

Fig. 17. Array de atributos de la clase. Fuente: PISIS

```
protected static $Clase_Faceta =  
array( 'curso'=> 'Curso,CURSO,Datos Propios del Curso',  
'bibliografia'=>'Referencia,REFERENCIAS,Referencias Bibliográficas del Curso',  
'documentos'=> 'Documento,DOCUMENTOS,Material de Apoyo al Curso',  
'secciones'=> 'Seccion,SECCIONES,Secciones y Actividades del Curso',  
'estudiantes'=> 'Estudiante,ESTUDIANTES,Estudiantes Matriculados en el Curso',  
'pruebas'=> 'Prueba,PRUEBAS,Pruebas de verificacion de aprendizaje',  
'grupos'=> 'Grupo,GRUPOS,Grupos de trabajo');
```

Fig. 18. Array de atributos de las facetas de la clase. Fuente: PISIS

5.3 Atributo de la faceta de la clase

El atributo "clase_faceta" posee una faceta del mismo nombre de la clase, esta faceta permite obtener todos sus atributos para que sean editados y mostrados como datos de la clase en una vista del *Framework*. Adicionalmente, también tendrá definidas las otras facetas que hacen parte de la lógica de la clase, Fig. 18.

5.4 Atributos de visualización de la interfaz de usuario

Finalmente, el último atributo de los metadatos es "Clase_Opciones_Menu", que define las distintas pestañas de la vista de la clase base. Cada pestaña corresponde a una vista parcial de los datos de la clase, que puede contener atributos propios de la clase o atributos de los objetos contenidos en sus facetas.

Este metadato también emplea un array asociativo que usa como clave el nombre de la pestaña y como valor, otro array asociativo con los elementos que se describen a continuación; el elemento 'título' encabeza el contenido de la pestaña, el elemento 'plantilla' es el nombre de la plantilla que despliega los datos de la pestaña, los 'permisos' definen las opciones de acceso para los diferentes roles de usuario, 'componentes' describen los elementos de la información que deben ser leídos de la base de

datos para que sean desplegados en las pestañas. Existen dos plantillas predefinidas, la plantilla 'listado_complejo' que está definida para ser cargada por defecto en la clase, esta plantilla ayuda a desplegar las vistas de las clases que tengan datos ordenados en tablas anidadas, la otra plantilla es 'lista_de_atributos' que lista los datos en forma de filas y columnas.

El atributo "Clase_Opciones_Menu" posee un descriptor para los elementos del listado que tendrán las facetas a ser visualizadas y se encuentra en la clase "Curso"; este descriptor lo conforman el tipo de dato del atributo, el tamaño aproximado del atributo en número de caracteres, el rotulo con el que se identificará el atributo en las vistas, una descripción que será desplegada al pasar el cursor sobre el rotulo del atributo y el nombre de la plantilla que será utilizada para listar las secciones del curso y que será una de las plantillas arriba mencionadas.

El contenido del listado de estas facetas tiene como punto de partida a la clase "Curso", está clase muestra un conjunto de filas que son las secciones que tendrá cada curso. Cada una de estas filas está conformada por varias columnas, estas columnas pueden ser un simple listado de datos en forma de varias columnas o pueden ser columnas con tablas anidadas que también pueden tener columnas de datos, Fig. 19.

```
protected static $Clase_Opciones_Menu = //maximo 12 caracteres en la clave
array(
  "curso" =>
  array('título'=>"Datos Propios del Curso",
    'atributos' =>array("nombre, horario, lugar, matr, docente, asignatura, grupo, anio, semestre"),
    'plantilla' => 'lista_de_atributos',
    'permisos'=>array("estudiante"=>1000, "docente"=>1111),
    'componentes'=>array('curso', array())
  ),
),
```

Fig. 19. Asignando la plantilla 'lista_de_atributos'. Fuente: PISIS

Cada fila o sección posee en su primera entrada la posición que es una tabla por defecto, en la segunda entrada posee una tabla anidada de actividades conformada por tres columnas; la primera contiene la fecha de la actividad, la segunda contiene el lugar de la actividad y la tercera contiene el tipo de actividad.

En la tercera entrada muestra un listado de tópicos del curso y una sangría con la lista de sub tópicos

que corresponden a este tópico. En la cuarta entrada muestra una tabla con tres columnas; la primera el nombre de la referencia, en la segunda la url de dicha referencia y en la tercera los numerales de la referencia que deben ser leídos, especificando de la forma "referencia>url". Finalmente, en la quinta entrada de la fila de la sección se muestra una columna con el icono del documento que corresponde a un entregable, puede ser un ícono de documento word o un ícono de pdf, Fig 20.

```
"bibliografia"=>
array('titulo'=>"Referencias Bibliográficas del Curso",
      'atributos' =>"bibliografia>(referencia,titulo,editorial,
      isbn,pagina_inicial,pagina_final,num_volumen,num_ejemplar,fecha_publicacion)",
      'permisos'=>array("estudiante"=>1000,"docente"=>1111),
      'componentes'=>array("curso",array(array("bibliografia",array()))
    ),
"secciones"=>
array('titulo'=>"Secciones y Actividades del Curso",
      'atributos'=>"secciones(posicion,actividades(fecha,lugar,tipo),
      [L]temas(descripcion,[L]subtemas(descripcion)),
      lecturas(referencia>url,numerales),entregables(>url)",
      'permisos'=>array("estudiante"=>1000,"docente"=>1111),
      'componentes'=>array("curso",array(array("secciones",array("actividades","temas",
      "lecturas","entregables")), "documentos","bibliografia"))
    ),
```

Fig. 20. Asignando la plantilla 'listado_complejo' por defecto y definiendo la lista de atributos en tablas anidadas. Fuente: PISIS

6. ROLES DE USUARIOS

Los roles de los usuarios poseen diferentes opciones de visualización para acceder a los datos de los objetos. Para acceder a ellos, se define un conjunto de métodos protegidos que le sirven de interfaz sobre los atributos a la clase objeto estándar. Estos métodos son para acceder a los atributos de la clase, y para acceder a los atributos que son objetos de otras clases "facetas de la clase" y para acceder a los atributos derivados donde se debe incluir la operación de cálculo para obtener el valor del atributo, Fig. 21.

```
protected static $Clase_rol = array( "estudiante"=>"estudiantes",
                                     "docente"=>"docente"
                                   );
```

Fig. 21. Atributo para controlar el acceso de los usuarios. Fuente: PISIS

La clase objeto estándar, a su vez, es la responsable de definir la interfaz pública sobre los atributos de todas las clases del modelo. Estos métodos para la clase del ejemplo se muestran en la Fig. 22.

Si un atributo no cuenta con un método de acceso 'get?', el objeto de la clase Objeto Estándar muestra un mensaje de error. La función "leer_codigo" contiene un conjunto de arreglos con valores, estos valores son leídos directamente y sirven para cargar

localmente con datos todos los atributos de los objetos de la clase, esto permite crear un prototipo de la clase que facilita las labores de diseño y prueba antes de pensar en los aspectos de acceso a la base de datos. Estos valores para un objeto particular se pueden acceder por medio de su clave, Fig. 23.

```
//
// Interfaz publica para consulta de los atributos
//
public function get_identificacion() {return $this->identificacion;}
public function get_titulo() {return $this->titulo;}
public function get_nombre() {return $this->nombre;}
public function get_fecha_publicacion() {return $this->fecha_publicacion;}
public function get_url() {return $this->url;}
public function get_editorial() {return $this->editorial;}
public function get_num_volumen() {return $this->num_volumen;}
public function get_num_ejemplar() {return $this->num_ejemplar;}
public function get_lesn() {return $this->lesn;}
public function get_isbn() {return $this->isbn;}
public function get_tipo_publicacion() {return $this->tipo_publicacion;}
public function get_pagina_inicial() {return $this->pagina_inicial;}
public function get_pagina_final() {return $this->pagina_final;}
public function get_palabras_claves() {return $this->palabras_claves;}
public function get_resumen() {return $this->resumen;}
public function get_prologo() {return $this->prologo;}
public function get_documento() {return $this->Clave["documento"];}
public function get_autores() {return $this->autores;}
public function get_imagen() {return $this->imagen;}
public function get_descripcion() {return $this->descripcion;}
public function get_contenido() {return $this->contenido;}
public function get_datos_basicos() {return $this->get_editorial() . " / " .
                                     $this->get_fecha_publicacion();
}
```

Fig. 22. Conjunto de métodos que sirven como interfaz pública para los atributos de una clase del Framework de PISIS. Fuente: PISIS

```
// -----
// Dispositivo "codigo", que almacena en codigo un conjunto de objetos de ejemplo
// -----

static function leer_codigo($Co,$Ds)
{
    switch ($Co['referencia'])
    {
        case "Abelson1985":
            $Dt = array(
                'fecha_publicacion'=>'1985',
                'editorial'=>' The MIT Press', 'isbn'=>'28676',
                'prologo'=>'',
                'imagen'=>'cover_abelson.jpg', 'descripcion'=>'',
                'autores' => array(new Persona(array("persona" => 7), $Ds),
                                new Persona(array("persona" => 8), $Ds),
                                new Persona(array("persona" => 9), $Ds),
                                )
            );
            break;
        case "Arango2008":
            .
            .
            .
    }
}
```

Fig. 23. Arreglo de datos local para los atributos de una Clase del *Framework* de PISIS. Fuente: PISIS

CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta el desarrollo de un prototipo web con *Framework* PISIS, el cual maneja el dominio de los cursos y docentes del Departamento de Ciencias de la Computación y la Decisión de la Facultad de Minas - Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. El uso e implementación de *Frameworks* para la creación de aplicaciones y sitios Web facilita el trabajo de desarrolladores de software, ya que contribuye al incremento de su productividad y a la disminución de errores invalides.

REFERENCIAS

- [1] M. R. J. Qureshi, "Agile software development methodology for medium and large projects," *IET Softw.*, vol. 6, no. 4, p. 358, 2012.
- [2] R. A. Santelices and M. Nussbaum, "A framework for the development of videogames," *Softw. Pract. Exp.*, vol. 31, no. 11, pp. 1091–1107, 2001.
- [3] M. Björemo and P. Trninc, *Evaluation of web application frameworks*, 1st ed., no. June. Göteborg, 2010.
- [4] M. Schwarz, "Design and Analysis of Web Application Frameworks." Arhus, pp. 7–8, 2013.
- [5] M. Salas, G. Hernández, R. Valencia, L. Rodríguez, A. Rodríguez, and J. López, "Analyzing best practices on Web development frameworks: The lift approach," *Sci. Comput. Program.*, vol. 102, pp. 1–19, 2015.
- [6] Oracle, "JavaServes Pages technology," JSP, 2016. [Online]. Available: <http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/jsp/index.html>. [Accessed: 07-Jul-2016].
- [7] Struts, "Struts," Apache struts, 2016. [Online]. Available: <https://struts.apache.org/>. [Accessed: 07-Jul-2016].
- [8] M. Emoto, M. Yoshida, C. Iwata, S. Inagaki, and Y. Nagayama, "Efficient development of web applications for remote participation using Ruby on Rails," *Fusion Eng. Des.*, vol. 85, no. 3–4, pp. 622–624, 2010.

- [9] Grails, “Grails,” A powerful Groovy-based web application framework for the JVM, 2016. [Online]. Available: <https://grails.org/>. [Accessed: 07-Jul-2016].
- [10] M. Biermann, “A simple versatile solution for collecting multidimensional clinical data based on the CakePHP web application framework,” *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 114, no. 1, pp. 70–79, 2014.
- [11] Django, “Django,” The web framework for perfectionists with deadlines., 2016. [Online]. Available: <https://www.djangoproject.com/>. [Accessed: 07-Jul-2016].
- [12] Catalyst, “Catalyst,” Perl MVC framework, 2016. [Online]. Available: <http://www.catalystframework.org/>. [Accessed: 07-Jul-2016].
- [13] Symfony, “Symfony,” Symfony is a set of reusable PHP components, 2016. [Online]. Available: <https://symfony.com/>. [Accessed: 07-Jul-2016].



Optimización de la Inyección De Potencia Desde Micro Generación Distribuida En Sistemas Eléctricos De Distribución De Baja Tensión. Desarrollos Teóricos de un Modelo Hiperheurístico

Optimization of Power Injection by Micro Distributed Generation in Low Voltage Electrical Distribution Systems. Theoretical Developments of a Hyperheuristic Model

Gustavo Alejandro Schweickardt, PhD.

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET
Universidad Tecnológica Nacional
Concepción del Uruguay, Argentina
gustavoschweickardt@conicet.gov.ar

(Recibido el 23-11-2017, Aprobado el 19-04-2018, Publicado el 03-07-2018)

Estilo de Citación de Artículo:

G. A. Schweickardt, "Optimización de la inyección de potencia desde micro generación distribuida en sistemas eléctricos de distribución de baja tensión. Desarrollos teóricos de un modelo hiperheurístico", Lámpsakos, no. 20, pp 55-67, 2018
DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.3015>

Resumen: Este artículo presenta los desarrollos teóricos de un Modelo HiperHeurístico para Optimizar la Inyección de Potencia proveniente de Micro-Generadores Distribuidos en Sistemas Eléctricos de Distribución de Energía (SEDE) en Baja Tensión (BT), focalizándose sobre los Paneles Solares Fotovoltaicos (MG FV). Implica una Optimización Combinatoria MultiObjetivo, en el que los Métodos Clásicos no producen buenas soluciones en el Dominio Determinístico, relativo a sus Variables de Control, y colapsan en el Dominio de Incertidumbres de Carácter no Estocástico asociadas a aquellas. Aquí, son descritos los conceptos generales de una estrategia bioinspirada referida como HiperHeurística, con un Método de Aprendizaje Sustentado en Razonamiento, y cuyo dominio se compone de un Conjunto de MetaHeurísticas MultiObjetivo del tipo PSO incorporando una forma híbrida, AFS (Artificial Fish School) que exhibe características aptas para ser integrada, y permite resolver problemas de convergencia observados por el autor en trabajos previos. Adicionalmente, se introduce la paralelización del algoritmo, reemplazando su formulación primigeniamente secuencial, utilizando la plataforma conocida como MPI (Message Passing Interface).

Palabras clave: HiperHeurísticas, MetaHeurísticas, Micro Generación Distribuida, Computación Paralela, Sistema Eléctricos de Distribución.

Abstract: This work presents the Theoretical developments of a hyperheuristic model to solve the Power Injection by Micro Distributed Generators in Low Voltage Electric Power Distribution Systems (LV EPDS) Optimizing Problem, focusing in Solar Photovoltaic Systems (MG FV). This is a MultiObjective Combinatorial Optimization Problem, in which the Classical Methods do not produce good solutions in the Deterministic Domain relative to their Control Variables, and they collapse in the Domain of Non-Stochastic Uncertainties associated to those. The concepts to development of a Case Based Reasoning HyperHeuristic with a domain supported on variants of MultiObjective Particle Swarm Optimization MetaHeuristic (X-FPSO) and MultiObjective Artificial Fish School (FAFS) is presented. Additionally, the parallelization of the algorithm is introduced, replacing its primitively sequential formulation, proposed by the author, using the platform called Message Passing Interface (MPI).

Keywords: Electric Power Distribution System, HyperHeuristics, MetaHeuristics, Micro Distributed Generation, Parallel Computing.

1. INTRODUCCIÓN

Como se menciona en trabajos previos del autor, en coautoría con otros investigadores [1] y [2], el concepto de HiperHeurísticas en sus diferentes formas, fue introducido con el objeto de resolver diferentes optimizaciones complejas, procurando obtener buenas soluciones, y empleando un tiempo inferior de computación respecto de las Técnicas Heurísticas/MetaHeurísticas MonoObjetivo.

En tal línea de investigación, el autor del presente trabajo ha propuesto en publicaciones previas [1] y [2], un enfoque extendido y mejorado para tal concepto. Conforme la relación jerárquica existente entre HiperHeurística, MetaHeurística y Heurística, establecida mediante sus correspondientes dominios de aplicación, hasta arribar al Espacio de Soluciones, tal como se explica en la Sección 2, fue desarrollado un Modelo apto para resolver problemas de Optimización MultiObjetivo. El mismo recibe el nombre de HiperHeurística con un Método de Aprendizaje Sustentado en Razonamiento. Su Función de Elección (FS) es una Red Neuronal Artificial Backpropagation (RNAR), la cual opera o se aplica en un Conjunto de MetaHeurísticas MultiObjetivo del tipo PSO.

Tal dominio es designado como Formas X-PSO MultiObjetivo. Este Modelo HiperHeurístico, es indicado como HY CBR X-PSO MultiObjetivo o HY CBR X-FPSO, refiriendo el método empleado por el autor, para extender la operación de las Formas X-PSO, concebidas originalmente para resolver problemas con una única Función Objetivo, a un Espacio de Soluciones con varias. Los resultados obtenidos, sin pérdida de generalidad, para el problema específico abordado (Optimizar la Inyección de Potencia proveniente de Micro-Generadores Distribuidos FV en un SEDE BT), resultaron muy satisfactorios, pero limitados, en ocasiones, en el tiempo de ejecución (demasiado elevado) y en una convergencia inconsistente respecto a las soluciones de mejor aptitud, obtenidas en diferentes simulaciones sobre el mismo SEDE BT real en estudio.

En el presente trabajo, se introducen, como aporte sobre esta línea de investigación, dos mejoras que resuelven los inconvenientes referidos: la primera, consiste en la diversificación del dominio donde se aplica la FS del Algoritmo HiperHeurístico, adoptando las mejores variantes de la MetaHeurística PSO Canónica, e incorporando la MetaHeurística AFS, extendidas al Dominio Difuso para operar sobre el Espacio de Soluciones MultiObjetivo. Se tiene así, un nuevo dominio para la FS referido como X-FPSO + FAFS. La segunda

mejora, estriba en emplear el Paradigma de Computación Paralela, reemplazando al Secuencial empleado en la HY CBR X-FPSO, mediante la plataforma software MPI. Se acelera notablemente la convergencia del Algoritmo HiperHeurístico, permitiendo arribar consistentemente a la solución de mayor aptitud, sacando provecho de la diversificación introducida en el dominio de la FS, para diferentes instancias de simulación sobre el mismo SDEE BT MG FV real.

El nuevo Modelo HiperHeurístico propuesto es, entonces, referido como HY CBR (X-FPSO + FAFS) MPI.

El trabajo está organizado como sigue: En la Sección 2, son presentados, para guiar al lector, los conceptos de Heurística, MetaHeurística e HiperHeurística, así como su relación jerárquica establecida mediante sus correspondientes dominios de aplicación, hasta arribar al Espacio de Soluciones. Son descritos los denominados Principios de Inteligencia Colectiva o Grupal, dentro del contexto de las Estrategias Bio-Inspiradas para la Optimización Combinatoria. Se presenta una clasificación, conforme la evolución del concepto, de las HiperHeurísticas de interés. Finalmente, son introducidos los componentes característicos de la HiperHeurística HY CBR X-FPSO, primigeniamente propuesta por el autor (en coautoría) como se mencionó (Sección 1).

En la Sección 3, se presentan los desarrollos relativos a las dos mejoras introducidas para resolver los inconvenientes referidos en la Sección 1, respecto del desempeño limitado que exhibe, en ocasiones, el Algoritmo HY CBR X-FPSO al aplicarlo, en particular, sobre el problema abordado. Es descrita brevemente la MetaHeurística FAFS, integrada a las mejores variantes de la MetaHeurística PSO Canónica extendidas al Dominio Difuso (de aquí en adelante, Formas X-FPSO), para conferirle la capacidad de operar sobre Espacios de Búsqueda MultiObjetivo. Tal capacidad estriba en la mejor combinación de capacidades individuales de cada Forma X-FPSO que dicho conjunto exhibe, para cumplir los Principios de Inteligencia Colectiva (en adelante, Principios IC), conforme evolucionan las instancias de aplicación (iteraciones) del Algoritmo HiperHeurístico, aplicando la MetaHeurística convenientemente seleccionada por la FS en el Espacio de Soluciones MultiObjetivo.

Finalmente, se describe el software MPI, el cual constituye una plataforma de desarrollo de programas de computación, capaces de sacar provecho de la existencia de múltiples núcleos en un

procesador, para implementaciones bajo el Paradigma de Computación Paralela. El hardware requerido es actualmente estándar en los ordenadores existentes en el mercado y asequible.

Por último, en la Sección 4 se discuten, a modo de conclusiones más relevantes, los desarrollos aquí presentados.

2. ESTRATEGIAS BIO-INSPIRADAS DE OPTIMIZACIÓN. HEURÍSTICAS, METAHEURÍSTICAS E HIPERHEURÍSTICAS

2.1 Heurísticas

Desde las definiciones presentadas en [1] y [3], el término Heurística puede ser traducido como *encontrar* o *hallar*, y su etimología es compartida con la de la palabra griega *eureka*, atribuida como interjección pronunciada por Arquímedes al dar con la fundamentación de su célebre principio.

Desde tal acepción, una Heurística consiste en un procedimiento o método establecido con el objeto de dar solución a un problema (de optimización, en este caso) específico.

El enfoque que permite proporcionarle una estructura algorítmica, en última instancia, surge de la experiencia y reglas de buena práctica recopiladas sobre tal problema desde una aproximación intuitiva, mediante la cual sus características y estructura son explotadas de una manera inteligente, logrando, de tal forma, obtener una solución satisfactoria.

2.2 MetaHeurísticas

También adoptando los contenidos de la referencias [1] y [3], el término MetaHeurística tiene la misma raíz etimológica que Heurística, a la que se le antepone el prefijo *meta*, traducido como *por encima de*, en alusión a un nivel más elevado o superior al de una Heurística.

De tal manera que, si bien existen diversas definiciones, una MetaHeurística, en tanto método de resolución para problemas complejos (en el contexto aquí considerado, de Optimización Combinatoria), puede ser entendida como una estrategia que combina diferentes Heurísticas, las cuales, individualmente, exhiben menor eficiencia o capacidad de solución para el problema abordado, tomando ventaja de sus habilidades parciales, así como de la estructura del propio problema a

resolver, fundamentalmente de los aspectos que caracterizan el Espacio de Soluciones inherente al mismo.

Como todo algoritmo vinculado a una optimización tiene asociado un proceso iterativo, al explotar las capacidades referidas para resolver un problema mediante una Heurística o una MetaHeurística, se hará referencia a tal proceso. Por esa razón, este concepto aparece en algunas definiciones (igualmente, para una Heurística).

De modo que serán indistintamente empleados los términos MetaHeurística y Algoritmo MetaHeurístico. Análogamente, se hará respecto de los términos HiperHeurística y Algoritmo HiperHeurístico, definidos más adelante.

Desde esta caracterización, una MetaHeurística exhibirá menos restricciones que una Heurística para dar con soluciones satisfactorias en el Espacio de Búsqueda para un mismo problema.

Pero no obstante ser más eficientes que una Heurística, en la literatura especializada se destacan dos limitaciones de importancia:

a) Todas las MetaHeurísticas, en su formulación matemática a efectos de implementarlas como algoritmos, requieren de parámetros cuyos valores necesitan ser ajustados, dependiendo del tipo de problema a resolver. Tal ajuste debe realizarse previamente a la ejecución del algoritmo, no teniendo posibilidad de realizar un auto-ajuste de los mismos, a medida que evolucione la Estrategia de Búsqueda. Si bien se han realizado muchos aportes en este último sentido, por parte de terceros y, en la MetaHeurística PSO, por parte del autor (en coautoría), no se ha logrado una MetaHeurística *auto-ajustable* (o *auto-adaptativa*), capaz de resolver, al menos, Clases de Problemas con buenas soluciones (soluciones satisfactorias).

En este sentido la limitación supone que los Algoritmos MetaHeurísticos son especializados, puesto que pueden captar con un elevado grado de detalle los aspectos relativos al problema que deben resolver, pero no, en general, de otros aún similares [4], [5] y [6].

Como se ha dicho, las MetaHeurísticas, particularmente la PSO y AFS, han sido concebidas originalmente para resolver problemas MonoObjetivo. De manera que al extenderlas al dominio MultiObjetivo, la limitación referida es mayor [7].

b) La segunda limitación se relaciona con el elevado tiempo de computación que requieren. Por ello no son eficientes en Optimizaciones Combinatorias que deben realizarse en tiempo real.

Volviendo sobre la MetaHeurística PSO y sus Formas o variantes X-PSO, como fue indicado más arriba, en ciertos trabajos del autor (en coautoría) introduciendo técnicas de Algoritmos Evolutivos, modificando la Topología de Comunicación entre las Partículas de la Población, y atendiendo a las habilidades que la Forma X-PSO exhibe para satisfacer los Principios IC, se obtuvieron notables mejoras, respecto de la llamada Forma Canónica (original) PSO, en cuanto a su capacidad *auto-adaptativa*, aún para problemas MultiObjetivo. Este es el caso de la Forma EPSO GIST (MonoObjetivo) y FEPSO GIST (MultiObjetivo) [3].

Sin embargo, los tiempos de computación se mantienen muy elevados, resultando tales variantes poco aptas o falibles en optimizaciones que deben realizarse en *tiempo real*, o *cuasi-real* (como el que demanda específicamente el problema objeto del presente trabajo: Optimizar la Inyección de Potencia proveniente de Micro-Generadores Distribuidos FV en SEDE BT, que requiere ser resuelto en pocos minutos).

Los avances han resultado parciales y más dependientes del *hardware* que del modelo matemático y su implementación *software*.

Adicionalmente, se formaliza el concepto de Solución (más) Satisfactoria, en lugar de solución Óptima. El mismo tiene validez tanto para un Espacio de Soluciones MonoObjetivo como MultiObjetivo, y en contextos *determinísticos* o cuyas variables de decisión exhiben *incertidumbres* (fundamentalmente de *carácter no estocástico*), caso del problema abordado.

La idea de emplear el concepto de *solución satisfactoria*, es la misma que subyace en las primeras definiciones de HiperHeurística según la literatura especializada, conforme su evolución histórica [1] y [3]: proponer un método para obtener *buenas soluciones* (no necesariamente la mejor), empleando el *menor tiempo de computación posible*. Se sacrifica la mejor calidad de una solución, en aras de emplear un menor tiempo de computación.

Como se verá en la siguiente subsección, a los efectos de superar las dos limitaciones imputadas a las MetaHeurísticas, un Algoritmo HiperHeurístico adoptará formalmente el concepto, así planteado, de Solución Satisfactoria, seleccionando la

MetaHeurística más apta, en cierta instancia de decisión y desde cierto conjunto preestablecido, logrando resolver Clases de Problemas. Puede decirse que procura, de tal modo, tener capacidad *auto-adaptativa* y en *tiempo real* o *cuasi-real*.

2.3 HiperHeurísticas

2.3.1 Definición

Desde lo dicho en 2.2, se adopta la siguiente definición:

Una HiperHeurística, en tanto método de resolución para problemas complejos (en el contexto aquí considerado, de Optimización Combinatoria), puede ser entendida como una estrategia que combina diferentes MetaHeurísticas, las cuales, individualmente, exhiben distintos grados de eficiencia o capacidad de solución para problema abordado, tomando ventaja de sus habilidades parciales, así como de la estructura del problema a resolver. Fundamentalmente en los aspectos que caracterizan el Espacio de Soluciones inherente al mismo, para la obtener soluciones satisfactorias en tiempos de computación lo más breves posibles, sobre una Clase de Problemas.

Esto implica que un Algoritmo HiperHeurístico, debe ser capaz de seleccionar, mediante una Función de Elección (FS), de complejidad diferente según el tipo de HiperHeurística, en cierta instancia de decisión (o iteración algorítmica) pertinente dada por una condición predefinida, la MetaHeurística más apta para continuar la búsqueda en el Espacio de Soluciones, de aquella (más) satisfactoria. Según se defina la FS, se tendrán soluciones de mejor calidad, requiriendo tiempos de computación menores, y sobre una Clase de Problemas menos restringida.

De lograrse estas capacidades, tanto en dominios MonoObjetivo como MultiObjetivo, se estará frente a una Estrategia *auto-adaptativa*, aplicable en *tiempo real* o *cuasi-real* para resolver Clases de Problemas de Optimización Combinatoria. La operación de la FS responde a la siguiente pseudo-codificación:

```

If (Instancia(PO) == Con1) Then
  Seleccionar MetaHeurística M1
Else
  If (Instancia (PO) == Con2) Then
    Seleccionar MetaHeurística M2
  Else...
End If
para {CON} = {Con1, Con2,..., ConH} y para el
Conjunto de MetaHeurísticas {M} = {M1, M2, ... MH},
sobre el problema a resolver PO.

```

Respecto de la jerarquía conforme de los dominios donde operan los Algoritmos correspondientes, se tiene que:

Una Heurística opera sobre el Espacio de Soluciones.

Una MetaHeurística opera sobre un determinado Espacio o Conjunto de Heurísticas, concebidas mediante el ajuste de sus parámetros en cierta instancia de decisión, evaluando el valor de la Función de Aptitud que la solución obtenida tiene en dicha instancia.

Y una HiperHeurística opera sobre cierto Espacio o Conjunto de MetaHeurísticas, evaluando la aptitud que exhibe cada una mediante una Función de Elección, definiendo, en cierta instancia de decisión, cuál MetaHeurística de tal conjunto puede mejorar la calidad de las soluciones obtenidas.

Es muy importante definir la adecuada Función de Selección del Algoritmo HiperHeurístico. Por ello es pertinente presentar una clasificación de las HiperHeurísticas, según su Método de Aprendizaje/Selección, desde la literatura especializada. La referencia [1] proporciona una detallada clasificación, de modo que aquí se presentarán los tipos de HiperHeurísticas más relevantes, para comprender aquel en el que se sustentan los desarrollos (propuestos por el autor) de la HY CBR X-FPSO y HY CBR (X-FPSO + FAFS) MPI.

2.3.2 Clasificación según el método de selección (FS)

Para esta clasificación amplia, pueden consultarse las referencias [8], [9], [10], [11], [12] y [13]. Son de interés para el presente trabajo, aquellas que presentan una FS bien establecida. Se tienen las siguientes:

1) HiperHeurísticas Con Aprendizaje Mediante Función de Selección/Elección con Optimización MonoObjetivo:

En este tipo de HiperHeurística, la FS selecciona la MetaHeurística a aplicar en cierta instancia definida en el Conjunto {CON}, y desde el Conjunto {M}, mediante un análisis, tomando pares de MetaHeurísticas compuestos por la MetaHeurística considerada candidata, MHc, y otra diferente, MHi, comparando sus rendimientos. Para ello resuelve el siguiente Problema de Optimización MonoObjetivo:

Sea {M} un Conjunto de nmh MetaHeurísticas que definen el dominio de la HiperHeurística;

g1 una función que evalúa la aptitud que MHc ha tenido recientemente;

g2 una función que evalúa la eficiencia relativa entre las MetaHeurísticas (MHc, MHi) cuando son aplicadas de forma secuencial;

g3 una función que determina el número de iteraciones durante el cual MHc no ha sido seleccionada, contando desde la última iteración en la que se aplicó; y

ξ , π y ρ son parámetros definidos externamente.

$$\begin{aligned} & \text{Max} \\ & \forall i \text{ en } [1..nmh], i \neq c \\ & FO = \xi \cdot g1(MHc) + \pi \cdot g2(MHc, MHi) - \rho \cdot g3(MHc) \end{aligned} \quad (1)$$

2) HiperHeurísticas Con Aprendizaje Mediante Función de Selección/Elección con Optimización MultiObjetivo:

En este tipo de HiperHeurística, la FS tiene establecido un conjunto de objetivos, {S}, en lugar de un único, que deben ser satisfechos, con las mismas consideraciones que en la HiperHeurística 1), mediante el siguiente Problema de Optimización MultiObjetivo:

$$\begin{aligned} & \text{Max} \\ & \forall i \text{ en } [1..nmh], i \neq c, s \text{ en } [1..S] \\ & \sum_{s=1}^S \{ \xi_s \cdot g1s(MHc) + \pi_s \cdot g2s(MHc, MHi) - (\rho_s/S) \cdot g3s(MHc) \} \end{aligned} \quad (2)$$

En este caso, S es el número de objetivos, y las funciones g1s, g2s y g3s, así como los parámetros ξ_s , π_s y ρ_s , dependen de cada objetivo s en {S}.

3) HiperHeurísticas con Función de Selección/Elección Sustentada en Razonamiento:

Este tipo de estrategia, referida como CBR-Case Based Reasoning, fue el seleccionado para definir la FS, tanto para la primer propuesta realizada por el autor del presente trabajo (HY CBR X-FPSO), como para propuesta mejorada (HY CBR (X-FPSO + FAFS) MIP), cuyos desarrollos son presentados más adelante.

Como se establecen los aspectos generales tipificados para esta HiperHeurística en la referencia [1], y son en todo coincidentes con los integrados en los diseños de ambos Modelos HiperHeurísticos propuestos por el autor, sólo se mencionará que en los mismos su Función de Selección/Elección (FS) es una Red Neuronal Artificial Backpropagation (RNAR).

2.4 La HiperHeurística HY CBR X-FPSO

Respecto de este Algoritmo HiperHeurístico, el primero presentado por el autor del presente trabajo, pueden consultarse sus desarrollos detallados en las referencias [1], [2] y [3]. Aquí se proporcionarán sólo los conceptos generales, y se aportará una modificación en términos del algoritmo de entrenamiento utilizado para la RNAR que opera como FS. Esta RNAR es también la utilizada como FS en la HY CBR (X-FPSO + FAFS) MPI en su 1er variante, de manera que todo lo dicho sobre la FS \equiv RNAR, vale para ambas HiperHeurísticas.

2.4.1 Especificación del dominio

El dominio está compuesto por 4 Formas X-PSO MultiObjetivo, seleccionadas por el complemento en la habilidad para cumplir los Principios IC, según la instancia de decisión o iteración algorítmica del problema PO que se esté resolviendo.

La elección realizada de tales variantes X-FPSO, se sustenta en el acopio de resultados obtenidos, aplicando las MetaHeurísticas individualmente, y observando su comportamiento durante la evolución de algoritmo hasta lograr su convergencia.

El problema genérico PO, pertenece a la Clase de Problemas que se tratan para los SEDE, considerando elementos técnicos, económicos y regulatorios. Esta Clase de Problemas es identificada por el autor mediante el acrónimo CP ECRRED, por pertenecer a los campos de conocimiento de la Economía Computacional, la Teoría Económica de Regulación, y al de Los Sistemas Eléctricos de Distribución.

En esta Clase se incluyen Problemas de Optimización Combinatoria MultiObjetivo, en los que deben buscarse soluciones técnico/económicas, sujetas a controles regulatorios por parte de la autoridad de aplicación que tiene jurisdicción sobre el SEDE bajo estudio.

Y a esta CP pertenece el problema específico abordado en el presente trabajo.

Desde los trabajos [1] y [2], pudo observarse que esta CP ECRRED se caracteriza por el Espacio de

Soluciones MultiObjetivo, independientemente del problema PO que se trate. Se tienen para tal Espacio las siguientes características:

- Se trata de un Espacio combinatorio.
- No existen, en general, funciones de los objetivos, dependientes de las variables de decisión (no es posible, por tanto, aplicar métodos de búsqueda Conducidos por Gradiente como los empleados por las Técnicas de Optimización Clásica No Lineal);
- Las mejores soluciones se encuentran aisladas en tal Espacio y;
- La calidad de la solución más satisfactoria y el tiempo de computación requerido, dependen de la habilidad que cada MetaHeurística del conjunto de Formas X-FEPSO exhiba para cumplir los Principios IC.

Por tal razón, primeramente la solución a estos problemas ha sido abordada mediante Formas X-FPSO MultiObjetivo. Pero no todas exhiben la misma capacidad de proporcionar las soluciones más satisfactorias. Y este aspecto se vincula estrechamente con la capacidad de satisfacer los Principios IC referidos más arriba.

Se procuró conformar el mejor complemento, luego de múltiples simulaciones sobre diferentes PO de la CP ECRRED (por caso, como se observa en las referencias citadas al comienzo del presente acápite: la Definición del Espacio de Estados en la Planificación Óptima de Mediano Plazo de un SEDE, la Confiabilidad Óptima en Redes de SEDE en Media Tensión y el Balance de Cargas Monofásicas en Redes de SEDE BT).

De modo que el diseño de la HY CBR X-FPSO, tuvo en consideración, para su Función de Selección, una RNAR, atendiendo a la capacidad de cada Forma X-FPSO que integra su dominio, para satisfacer tales principios en cierta instancia de decisión (iteración) del Algoritmo HiperHeurístico solidario.

Cabe destacar que para componer el dominio del Algoritmo HY CBR (X-FPSO), respecto de la habilidad que cada MetaHeurística tiene para cumplir los Principios IC, se consideraron las Formas MonoObjetivo (X-PSO), pues se mantiene para la Formas MultiObjetivo (X-FPSO) [1] y [2].

2.4.2 La inteligencia colectiva o grupal

En la referencia [14], se presentan el origen y definición para este concepto, que tiene una significación muy valiosa, así como la síntesis y descripción de sus principios. Los 5 Principios IC, se repiten, desde [1] y [14], sin redundar respectos de

sus definiciones. Resultan:

- 1) Proximidad
- 2) Calidad de Respuesta
- 3) Diversidad de Respuesta
- 4) Estabilidad
- 5) Adaptación.

2.4.3 MetaHeurísticas X-PSO y principios IC

A continuación, siguiendo [1] y [3], se define cada Forma X-PSO mediante su Ecuación de Movimiento y, cualitativamente, su habilidad para satisfacer cada Principio IC. La Ecuación o Regla de Movimiento, establece la posición de una partícula p-ésima del grupo o Población (término más general) en el Espacio de Soluciones, desde la iteración i y obtenida para la instancia $i+1$ del Algoritmo MetaHeurístico. Tal posición, X_p , es un vector de n componentes, siendo n el la dimensión del Espacio de Soluciones. Asociado al mismo se tiene el vector velocidad, V_p , el cual refiere la causa del cambio de posición de la partícula, y puede ser entendido con la misma estructura de X_p , ya que se *emula* el movimiento de las partículas, en un *instante virtual de tiempo* e igual a 1 (asumiendo unidades consistentes).

X_p resultará ser el Vector Solución en cada instancia, i .

1) PSO: La Ecuación o Regla de Movimiento resulta (X y V):

$$X_{p[i+1]}^p = X_{p[i]}^p + V_{p[i+1]}^p \quad (3)$$

$$V_{p[i+1]}^p = V_{p[i]}^p + KC \cdot n1_{[i]} \cdot [O_{i}^p - X_{p[i]}^p] + KS \cdot n2_{[i]} \cdot [OG_{[i]} - X_{p[i]}^p] \quad (4)$$

El cambio de posición en (3) es claro. Sí procede una breve explicación del cambio en V_p , dado por (4). Se tienen tres términos que definen $V_{p[i+1]}^p$: el primero se corresponde con la velocidad que la partícula tenía en la instancia anterior, $V_{p[i]}^p$, y se refiere como *componente de inercia*. El segundo tiene un factor $[O_{i}^p - X_{p[i]}^p]$, en el cual O_{i}^p es un vector Óptimo Individual, que refiere la mejor posición-solución que la partícula p-ésima ha alcanzado individualmente hasta la instancia i , al que se le sustrae su vector posición actual. Por ello a tal término se lo denomina *componente autobiográfica* o *memoria*. Y en el tercero se observa un factor $[OG_{[i]} - X_{p[i]}^p]$, en el cual $OG_{[i]}$ es

un vector Óptimo Global, que refiere la mejor posición-solución global de la Población, alcanzada hasta la instancia i , al que se le sustrae el vector posición actual de la partícula p-ésima. Por ello a tal término se lo denomina *componente de comunicación*.

El resto son parámetros de ajuste: KC se denomina *constante cognitiva* y KS *constante social*. $n1_{[i]}$ y $n2_{[i]}$ son números aleatorios uniformemente distribuidos en $[0,1]$, y cuyo objetivo es emular el comportamiento impredecible, que exhibe la Población en cada iteración i .

2) PSO con Decaimiento en Inercia: El vector V_p dado por (4), se modifica mediante una función que decrece en cada instancia, i . Se la refiere como Función de Decaimiento en Inercia, $D(i)$:

$$V_{p[i+1]}^p = D(i) \cdot KI \cdot V_{p[i]}^p + KC \cdot n1_{[i]} \cdot [O_{i}^p - X_{p[i]}^p] + KS \cdot n2_{[i]} \cdot [OG_{[i]} - X_{p[i]}^p] \quad (5)$$

Nótese que se introduce un nuevo parámetro, KI , llamado *constante de inercia*. Típicamente $D(i)$ es dada viene dada por:

$$D(i) = KI_{Max} - [i \cdot (KI_{Max} - KI_{Min})/NI] \quad (6)$$

Siendo NI el número límite (que puede operar como condición de salida) de iteraciones en el algoritmo correspondiente, y $[KI_{Max} \leq KI \leq KI_{Min}]$ parámetros de ajuste sobre KI , cuyos valores son externamente fijados.

3) PSO con Factor de Limitación: El vector V_p está dado por la expresión:

$$V_{p[i+1]}^p = FL \cdot \{V_{p[i]}^p + \theta C \cdot n1_{[i]} \cdot [O_{i}^p - X_{p[i]}^p] + \theta S \cdot n2_{[i]} \cdot [OG_{[i]} - X_{p[i]}^p]\} \quad (7)$$

FL se denomina Factor de Limitación. Se determina empleando el sistema de ecuaciones:

$$FL = 2 \cdot \lambda \sqrt{2 - \theta - \sqrt{\theta^2 - 4 \cdot \theta}} \quad (8)$$

Con: $\theta C + \theta S = \theta$; $\theta > 4$ y $0 < \lambda \leq 1$.

4) PSO Evolucionaria: La estrategia PSO introduce operadores observados en las MetaHeurísticas Evolucionarias (por caso, los Algoritmos Genéticos). El vector velocidad se modifica como se observa en la expresión siguiente:

$$V_{p[i+1]}^p = \begin{aligned} & KI_{[i]}^{(m)} \cdot n1_{[i]} \cdot V_{p[i]}^p + KC_{[i]}^{(m)} \cdot n2_{[i]} \cdot \\ & [OI_{[i]}^p - X_{p[i]}^p] + KS_{[i]}^{(m)} \cdot n3_{[i]} \cdot \\ & [OG_{[i]}^{(m)} - X_{p[i]}^p] \end{aligned} \quad (9)$$

(m) indica que, sobre KI, KC y KS, así como sobre el vector OG, se ha aplicado una regla predeterminada de mutación, lo cual confiere el carácter evolucionario a la MetaHeurística. Se observa que el comportamiento aleatorio se enfatiza, propendiendo a una mejor diversidad de respuesta. En el mismo sentido, se introduce el número aleatorio $n3_{[i]}$ en la *componente social* o de comunicación del movimiento de cada partícula p-ésima de la Población.

Sobre KI, KC y KS tiene, tal regla viene, conforme se propone en [1] y [3], pero de forma no excluyente, por la expresión:

Designando en modo genérico con T a I, C y S:

$$KT_{[i+1]}^{(m)} = KT_{[i]}^{(m)} \cdot [1 + \delta \cdot vN(0,1)] \quad (10)$$

δ es un nuevo parámetro prefijado externamente, cuya función es aplicar un límite al margen que la regla pueda generar sobre los valores de $KT_{[i+1]}^{(m)}$; y $vN(0,1)$ es una variable aleatoria con distribución normal de media 0 y varianza 1.

En el caso del vector OG se propone la regla:

$$OG_{[i+1]}^{(m)} = OG_{[i]}^{(m)} + KN_{[i]}^{(m)} \cdot vN(0,1) \quad (11)$$

$KN_{[i]}^{(m)}$ es un nuevo parámetro preestablecido, cuya función es aplicar un límite al margen que la regla (11) pueda generar respecto de la vecindad en torno a $OG_{[i]}$, para la cual se tiene una mayor probabilidad de hallazgo de una solución más satisfactoria que la alcanzada hasta la instancia i.

Sobre $KT_{[i]}^{(m)}$ también se aplica la regla (10).

Obviamente tales reglas comenzarán a aplicarse a partir de la iteración $i = 2$, y, como se dijo, pueden proponerse otras, siempre que se propenda con ellas a una mayor diversidad de respuesta de la Población, sin que por ello las soluciones obtenidas pierdan estabilidad.

Para los PO de la CP ECRRED (referidos anteriormente), las reglas formuladas según (10) y (11), han producido buenos resultados.

5) PSO Evolucionaria con Topología Global-Individual Estocástica: fue presentada por el autor en [3], incorpora una modificación en la Topología de Comunicación de la Población, la cual, hasta este punto, es Global. Esto significa que las partículas comparten sólo la información relativa al vector Óptimo Global, OG. La denominación Global-Individual, implica que las partículas también comparten información relativa al vector Óptimo Individual, propendiendo a una mayor diversidad de respuesta sin pérdida de estabilidad en las soluciones alcanzadas. Y a tales efectos, la información sobre el OG y el OI, es compartida con cierta probabilidad.

El vector velocidad está dado por la expresión:

$$V_{p[i+1]}^p = \begin{aligned} & KI_{[i]}^{(m)} \cdot n1_{[i]} \cdot V_{p[i]}^p + KC_{[i]}^{(m)} \cdot \\ & n2_{[i]} \cdot [OI_{[i]}^{p(m)} - X_{p[i]}^p] + KS_{[i]}^{(m)} \cdot \\ & n3_{[i]} \cdot [OG_{[i]}^{(m)} - X_{p[i]}^p] \cdot f(OG_{[i]}^{(m)}) \\ & + \sum_{q=1, q \neq p}^{nP} [D(i) \cdot KC_{[i]}^{(m)} \cdot \\ & [OI_{[i]}^{q(m)} - X_{[k]}^q] \cdot f(OI_{[i]}^{pq(m)})] \end{aligned} \quad (12)$$

Se observa que el vector OI también evoluciona, al igual que el vector OG, según la regla (11). Además, la comunicación del OG a todas las nP partículas de la Población, tiene cierta probabilidad, dada por $f(OG_{[i]}^{(m)})$, de ser realizada en cada instancia i. Y se incorporan ($nP - 1$) términos de comunicación, en los cuales cada partícula q, distinta de p, recibe la información del Óptimo Individual de la partícula p, $OI_{[i]}^{q(m)}$, en cada instancia i, con cierta probabilidad dada por $f(OI_{[i]}^{pq(m)})$, y decayendo según la función $D(i)$ expresada en (6).

En cuanto a la capacidad que cada una de estas variantes presenta respecto de los Principios IC, pueden ser consultadas las referencias [1], [2] y [3], de manera que sólo se presentará una breve síntesis, enfatizando la propuesta 5), que ha generado los mejores resultados para cualquiera de los PO referidos más arriba, pertenecientes a la CP ECRRED.

1): Esta Forma Canónica necesita de permanentes ajustes específicos, no sólo en cada PO perteneciente a la CP ECRRED, sino en diferentes aplicaciones sobre el mismo PO, pues proporciona soluciones diferentes. Por tanto, ha sido considerada muy pobre respecto de las capacidades requeridas, y se la ha tomado como referencia para evaluar las capacidades del resto de las variantes presentadas.

2): En esta variante se observa una notable mejora en cuanto a la Estabilidad. Inclusive, en ciertas instancias para cualquiera de los PO (siempre pertenecientes a la CP ECRRED, aclaración que se omite de aquí en adelante para este análisis), exhibe mejor aptitud que las demás.

3): En esta variante se observa una mejora respecto de la Proximidad y de también de Estabilidad.

4): Como variante evolucionaria, se observa una mejora notable relativa a todos los principios, en particular y como se dijo, en cuanto a la diversidad de sus respuestas.

5): Al incorporar una Topología Mixta, Global e Individual, atenuada por la comunicación estocástica de sendos Óptimos en cada instancia o iteración, esta variante exhibe las mejores capacidades, en general, superando a 4), particularmente en cuanto a la diversidad de sus respuestas.

A partir de estas características, el dominio para la HY CBR X-FPSO, se constituyó con las MetaHeurísticas {2), 3), 4), 5)} extendidas al Espacio de Soluciones MultiObjetivo (Formas X-FPSO).

2.4.4 Extensión de las X-PSO a formas X-FPSO

También en las referencia [3], se describe con detalle el método general que propone el autor para extender estas variantes MonoObjetivo al Espacio MultiObjetivo, empleando el principio de toma de decisión en ambientes borrosos. De tal modo que no se redundará sobre tales desarrollos en el presente trabajo. Los detalles de construcción, considerando la formulación matemática del PO de la Inyección de Potencia proveniente de MG FV Distribuidos en un SEDE BT, de cada Conjunto Difuso solidario a cada Función Objetivo y a cada Restricción, siguen las propuestas del autor establecidas en [3] y [7], definiendo el operador más adecuado para componer la Función de Aptitud Difusa sobre la que operarán estas variantes, como Formas MultiObjetivo.

2.4.5 La FS \equiv RNAR de la HY CBR X-FPSO

La estructura general de una RNAR *Backpropagation* puede ser consultada en múltiples referencias, tales como [16]. El diseño específico adoptado, como FS, para los dos Algoritmos HY CBR X-FPSO y HY CBR (X-FPSO + FAFS) MIP (en su 1er variante), puede consultarse en las referencias [2] y [3].

De manera que sólo se presentarán aquí los elementos generales del diseño específico.

La estructura de la RNAR, se esquematiza en la Fig. 1.

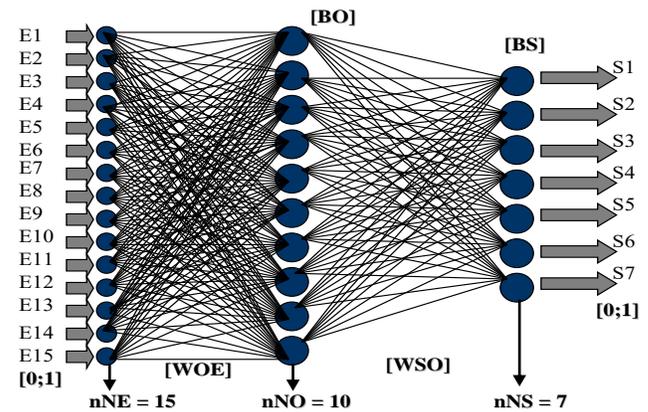


Fig. 1. Estructura de la RNAR \equiv FS

En la Fig. 2 y en la Fig. 3, se presentan la composición de los Patrones Entrada y de Salida, respectivamente, para la RNAR \equiv FS en ambas HiperHeurísticas. Para el caso de la 2da variante MPI, existe un cambio en los Patrones Entrada (números enteros, no binarios) y en su codificación, más no en la estructura de la capa de salida.

Los Patrones de Entrada:

Se componen de 15 números binarios, agrupados en 3 bloques de 5. Cada bloque se relaciona con una partícula distinta de la Población, en cierta instancia del algoritmo, que se encuentra bajo el comando de la variante en curso, conforme los dominios establecidos para cada HiperHeurística. Las tres partículas son la de aptitud (solución) máxima, media y mínima, Ap[Max, Med, Min]. Para las 5 Ei por bloque, se establece si la partícula evaluada ha perdido (Ei = 0) o no (Ei = 1) la capacidad respecto de cada Principio IC.

Los Patrones de Salida:

Se componen de 7 números binarios, en dos bloques: el primero, de 5 Si, hace referencia, en el mismo orden establecido para la Ei, a los Principios IG que requieren aumentar su calidad (1 \rightarrow Aumento de Calidad y 0 \rightarrow No Requiere Cambios), el segundo, de 2 Si, sugiere cuál de las 4 variantes del dominio debe aplicarse, según el orden establecido al definir los mismos, para cada Algoritmo HiperHeurístico.

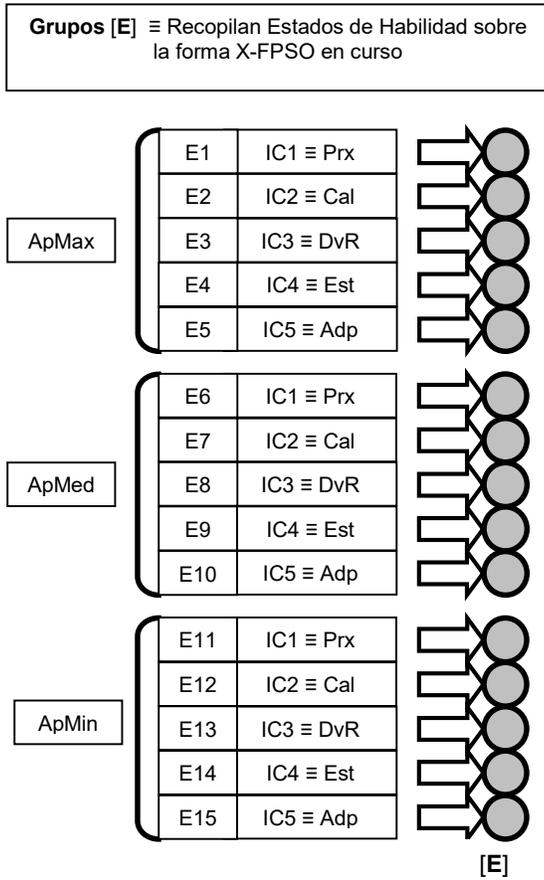


Fig. 2. Estructura de la capa de entrada para la RNAR

3 HIPERHEURÍSTICA HY CBR (X-FPSO + FAFS) MIP

3.1 X-FPSO Formas + FAFS

La MetaHeurística AFS (*Artificial Fish School*) o Cardumen de Peces Artificiales [15], puede considerarse una X-Forma que confiere un carácter híbrido al conjunto de MetaHeurísticas componentes del dominio del Algoritmo HY CBR X-FPSO. Su implementación no responde a expresiones matemáticas relativamente simples, sino a estructuras algorítmicas explicadas con mucho detalle por el autor en la referencia [3]. De manera que, para no redundar aquí y por limitaciones de espacio, no se darán detalles sobre sus desarrollos. Respecto a la extensión para PO MultiObjetivos, si bien puede consultarse en [3], vale lo dicho en epígrafe 2.4.4.

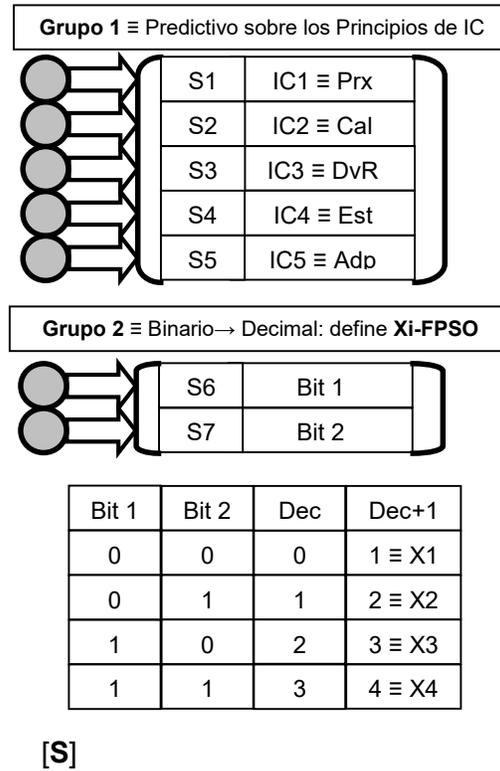


Fig. 3. Estructura de la capa de salida para la RNAR

Con respecto a su capacidad relativa a los Principios IC, puede decirse que la AFS (y la FAFS), aplicada a cualquier PO de la CP ECRRED, exhibe una habilidad muy elevada respecto de la Estabilidad en su comportamiento, complementándose muy bien con la variante 5) presentada en 2.4.3.

Designando a la AFS (FAFS) como variante *híbrida* 6), el dominio para la HY CBR (X-FPSO + FAFS) MPI, está definido por {6), 3), 4), 5)} extendidas al Espacio de Soluciones MultiObjetivo, como mejor alternativa entre los conjuntos de 4 variantes considerados. El número 4, también resulta el más adecuado: un número mayor ralentiza el algoritmo sin obtener mejoras en los resultados; y un número menor mostró ineficiencia, convergiendo el algoritmo en iteraciones tempranas, con soluciones de menor calidad y en tiempos de computación prácticamente iguales al de 4 variantes.

Es de importancia decir que, aún con una implementación secuencial, un Algoritmo HY CBR (X-FPSO + FAFS) generó mejores soluciones y en menores tiempos de computación que el Algoritmo HY CBR X-FPSO.

3.2 Procesamiento Paralelo: Plataforma MPI

La plataforma MPI, constituye un estándar que define la sintaxis y la semántica de las funciones contenidas en una *biblioteca de paso de mensajes* diseñada para ser utilizada en programas que exploten la existencia de múltiples procesadores (núcleos).

Su principal característica es que no precisa de memoria compartida, por lo que es muy importante en la programación de sistemas distribuidos. Los elementos principales que intervienen en el paso de mensajes son el proceso que envía, el que recibe y el mensaje. Generalmente empleando este sistema, el proceso que envía mensajes sólo se bloquea o detiene, cuando finaliza su ejecución.

De las múltiples posibilidades de implementación, se proponen *dos estrategias* de MPI.

La primera, determina el número óptimo de núcleos MPI. Este número puede coincidir con el número de núcleos que tiene el procesador (núcleos reales) o no (núcleos virtuales). Para una Población de $nP = 300$ partículas, trabajando con procesadores con 2 a 4 núcleos, el número óptimo resultó ser $nnO = 4$. Siempre hablando de los PO de la CP ECRRED referidos (incluyendo el PO de la Inyección de Potencia MG FV Distribuidos en SEDE BT).

Obtenido nnO , a cada núcleo se le asigna un Algoritmo Secuencial HY CBR (X-FPSO + FAFS), pero con un número de partículas inferior, igual a $n_{pn} = nP/nnO$. n_{pn} es en número de partículas por núcleo, y para este caso resulta $n_{pn} = 75$.

La segunda, asigna a cada núcleo una variante de las 4 que componen el dominio de la HY CBR (X-FPSO + FAFS). Este dominio, como se dijo, está compuesto por 4 variantes. Como lo que se intenta es cumplir en la mayor medida posible con los 5 Principios IC, el número de núcleos estará predefinido en 5, y en el dominio de asignación se repite una variante.

Se observó que en tal caso, conviene asignar a 2 núcleos la variante 5), de manera que el dominio de asignación de variantes por núcleo, resulta {6), 3), 4), 5), 5)}. Para esta estrategia, más compleja, cada núcleo tiene asignado un Algoritmo MetaHeurístico secuencial seleccionado desde el dominio de asignación anterior. Dos núcleos siempre tendrán asignada la variante 5) por las capacidades referidas. En cada instancia, la FS evalúa la aptitud global en términos de los Principios IC y su

cumplimiento. Sobre estas Aptitudes por Núcleo, reasigna a estos variantes desde el dominio de asignación {6), 3), 4)} (ya que 2 núcleos siempre tienen asignada la variante 5)), con un número variable de partículas por núcleo, n_{pn} . Cambia el tipo de números (ahora enteros, no binarios) y su codificación en la salida de la RNAR, pero no su estructura.

4 CONCLUSIONES

Más allá de los conceptos y desarrollos vertidos en el presente trabajo, se sintetizan seguidamente las conclusiones más relevantes, vinculadas aportaciones que exhibe la solución del problema planteado desde el Modelo HiperHeurístico (con sus variantes) propuesto.

1) Las Estrategias HiperHeurísticas históricamente han sido concebidas con el objeto de resolver diferentes optimizaciones complejas, procurando obtener buenas soluciones y empleando un tiempo inferior de computación respecto de las Técnicas Heurísticas o MetaHeurísticas MonoObjetivo.

Adicionalmente, se procura un nivel de generalización mayor que el de las MetaHeurísticas, apto para resolver una Clase de Problemas. Surge de tal forma, el concepto de Solución Satisfactoria para cualquier problema de optimización perteneciente a tal Clase, reemplazando al de Solución Óptima en el sentido Clásico.

2) De todas estas estrategias, clasificadas tal como se presentó en la subsección 2.3.2, las HiperHeurísticas con Función de Selección/Elección Sustentada en Razonamiento, son las más eficientes respecto de los objetivos pretendidos (lograr la Solución más Satisfactoria en el menor Tiempo de Computación Posible).

3) La Clase de Problemas a la cual pertenece el problema abordado, PO de la Inyección de Potencia MG FV Distribuidos en SEDE BT, ha sido designada (mediante su acrónimo) como CP ECRRED.

Varios ejemplos de PO pertenecientes a esta CP (ya resueltos por el autor) se presentan en la subsección 2.4.1. Asimismo, la caracterización del Espacio de Búsqueda o Soluciones descrita, es también satisfecha por el PO a resolver.

4) La Función de Elección/Selección más apta para el Modelo HiperHeurístico General propuesto para resolver un PO de la Clase CP ECRRED, es una RNAR Backpropagation, cuyo diseño se describe en la subsección 2.4, operando sobre un dominio compuesto por las X-Formas (FPSO + FAFS) allí presentadas.

Este diseño respeta los 5 Principios IC, cuya satisfacción o no, sirven como guía a la FS para conmutar de X-Forma. Esto es válido tanto para el dominio MonoObjetivo como MultiObjetivo, de modo que basta con emplear Conjuntos Difusos, como se explica en la subsección 3.1, para extender las X-Formas presentadas al Espacio de Soluciones MultiObjetivo.

Esta técnica ya ha sido aplicada con éxito en los PO de la CP ECRRED mencionados en la subsección 2.4.1 (Definición del Espacio de Estados en la Planificación Óptima de Mediano Plazo de un SEDE, la Confiabilidad Óptima en Redes de SEDE en Media Tensión y el Balance de Cargas Monofásicas en Redes de SEDE BT).

5) El Modelo HiperHeurístico así concebido, denominado primigeniamente HY CBR X-FPSO, resuelve con muy buena calidad de soluciones los PO ejemplos referidos en el punto anterior. Pero su Algoritmo es de procesamiento Secuencial, cuestión que no es relevante porque los tres problemas referidos son de Planificación de Mediano/Corto Plazo, no de Operación en Tiempo Real o Cuasi-Real.

El PO de la Inyección de Potencia MG FV Distribuidos en SEDE BT, debe ser resuelto en tiempo cuasi-real (minutos). Por ello es introducido el Procesamiento Paralelo mediante el Algoritmo HiperHeurístico como HY CBR (X-FPSO + FAFS) MPI presentado en la sección 3, en sus dos variantes descritas en la subsección 3.2, habiendo obtenido excelentes Tiempos de Computación para los tres problemas ejemplos pertenecientes a la Clase CP ECRRED.

REFERENCIAS

[1] G. Schweickardt, C. Casanova, & J. M. Giménez. "HiperHeurística Basada en Razonamiento con Dominio en MetaHeurísticas X-FPSO MultiObjetivo. Aplicación sobre una Optimización Dinámica Posibilística. Parte 1". *Revista EPIO Investigación Operativa*, Nro. 34, pp. 8-29, Dic. 2013.

- [2] G. Schweickardt, C. Casanova, & J. M. Giménez. "HiperHeurística Basada en Razonamiento con Dominio en MetaHeurísticas X-FPSO MultiObjetivo. Aplicación sobre una Optimización Dinámica Posibilística. Parte 2". *Revista EPIO Investigación Operativa*, Nro. 35, pp. 128-148, May. 2014.
- [3] G. Schweickardt. "MetaHeurísticas MultiObjetivo Cardumen de Peces Artificiales (FAFS) y Optimización Evolucionaria por Enjambre de Partículas con Topología Estocástica Global Individual (FEPSO GIST). Parte I: Antecedentes y Desarrollos Teóricos". *Lámpsakos*, Nro. 12, pp. 13-22, Jul-Dic. 2014.
- [4] E. Burke, G. Kendall & E. Soubeiga. "A Tabu-Search Hyperheuristic for Timetabling and Rostering". *Journal of Heuristics*, No 9, pp. 451-470. 2003.
- [5] E. Burke, J. Silva & E. Soubeiga. "Hyperheuristic Approaches for MultiObjective Optimisation". *The Fifth Metaheuristics International Conference*, pp. 052-{1-6}. Kyoto, Japan, Aug. 2003.
- [6] E. Burke, G. Kendall, R. O'Brilen R., D. Redrup & E. Soubeiga. "An Ant Algorithm Hyperheuristic". *The Fifth Metaheuristics International Conference*. Kyoto, pp. 052-{22-27}. Japan, Aug. 2003.
- [7] G. Schweickardt & V. Miranda. "Metaheurística FEPSO Aplicada a Problemas de Optimización Combinatoria: Balance de Fases en Sistemas de Distribución Eléctrica". *Revista Ciencia Docencia y Tecnología*, Nro. 40, pp. 133-163. May. 2010.
- [8] H. Kitano. "Designing Neural Networks using Genetic Algorithms with Graph Generation System". *Complex Systems*, Nro. 4, pp. 461-476. 1990.
- [9] P. Cowling, G. Kendall & E. Soubeiga. "A Parameter-Free Hyperheuristic for Scheduling a Sales Summit". *In proceedings of 4th International Conference*, Porto Portugal, pp. 127-131. Jul. 2001.
- [10] P. Cowling, G. Kendall & E. Soubeiga. "Hyperheuristic: A Robust Optimisation Method Applied to Nurse Scheduling". *Parallel Problem Solving from Nature VII, PPSN 2002*, Granada, Spain, pp. 851-860. Sep. 2002.
- [11] P. Cowling, G. Kendall & E. Soubeiga. "A Tool for Rapid Prototyping in Scheduling and Optimisation". *Second European Conference on Evolutionary Computing for Combinatorial Optimisation, EvoCop 2002*, Kinsale, Ireland, pp. 1-10, Apr. 2002.
- [12] P. Ross, S. Schulenburg S., J. Marín-Blázquez & E. Hart. "Hyper-heuristics: Learning to Combine Simple Heuristics in Bin-Packing Problems". *Genetic And Evolutionary Computation Conference (GECCO 2002)*, New York, pp. 3-12, Jul. 2002.

- [13] R. Bai & G. Kendall. "An Investigation of Automated Planograms Using a Simulated Annealing Based Hyper-Heuristic". *GECCO'06*, pp. 234-241. Jul. 2006.
- [14] G. Beni & J. Wang. "Swarm Intelligence in Cellular Robotic Systems". *Proceedings NATO Advanced Workshop on Robots and Biological Systems*, pp. 120-128. Jun. 1989.
- [15] X. LI, Z. Shao & J. Qian. "An Optimizing Method Based on Autonomous Animals: Fish-Swarm Algorithm". *Systems Engineering Theory and Practice*, Vol. 22(11), pp. 32-38. 2002.
- [16] B.Widrow & M.Lehr. "30 Years of Adaptive Neural Networks: Perceptron, Madaline, and Backpropagation". *Proceedings of the IEEE*, Vol. 78, issue 9, Sep. 1990..



Computación en la Nube: Estudio de Herramientas Orientadas a la Industria 4.0

Computing in the Cloud: Study of Tools Oriented to Industry 4.0

Luis Felipe Ortiz Clavijo

Universidad Autónoma Latinoamericana
Medellín, Colombia

luisfelipe.ortiz@unaula.edu.co

Santiago Cadavid Nieto

Universidad Autónoma Latinoamericana
Medellín, Colombia

santiago.cadavidni@unaula.edu.co

Javier Darío Fernández Ledesma, PhD

Universidad Autónoma Latinoamericana
Medellín, Colombia

javier.fernandezle@unaula.edu.co

Carlos Julián Gallego Duque, MsC

Universidad Autónoma Latinoamericana
Medellín, Colombia

carlosjulian.gallego@unaula.edu.co

(Recibido el 12-12-2017, Aprobado el 22-03-2018, Publicado el 03-07-2018)

Estilo de Citación de Artículo:

L. F. Ortiz, J. D. Fernández, S. Cadavid, C. J. Gallego, "Computación en la nube: estudio de herramientas orientadas a la industria 4.0", Lámpsakos, no. 20, pp 68-75, 2018, DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2560>

Resumen: La computación en la nube ha transformado la forma en que muchas organizaciones gestionan sus actividades, lo que representa beneficios donde se incluyen: ahorro de costos, agilidad, eficiencia, consolidación de recursos y nuevas oportunidades de negocio; este artículo de revisión tiene como propósito identificar las herramientas en la nube existentes con potencial de uso para la digitalización industrial, como marco de referencia para un programa de investigación enfocado a la consecución de estrategias para el desarrollo de la industria 4.0 en las pequeñas y medianas empresas de Colombia; para cumplir este objetivo se efectúa un estudio del estado del arte de las herramientas y su campo de acción desde el año 2011 (año de aparición del concepto industria 4.0) hasta la fecha.

Palabras clave: Computación en la nube, herramientas, digitalización industrial, industria 4.0

Abstract: The cloud computing has transformed the way in which many organizations manages their activities, which represents benefits that include: saving costs, agility, efficiency, resources consolidation and new business opportunities; this review article aims recognize the existing tools in the cloud with potential for use in

industrial digitalization, as a reference framework for a research program focused achievement for the strategies of industry 4.0 development in Colombian SMEs. For accomplish this objective a study of state of art of tools and its action field is carried out since 2011 (year of appearance of industry 4.0 concept) to date.

Keywords: Mortar; Cloud computing, tools, industrial digitalization, industry 4.0

1. INTRODUCCIÓN

En relación con la cuarta revolución industrial, es fundamental hacer referencia a las revoluciones anteriores, Fig. 1, donde el desarrollo de la máquina de vapor permitió dar al hombre el salto a lo que sería la primera revolución industrial, posteriormente la segunda revolución industrial emerge gracias al desarrollo de la electricidad con fines domésticos e industriales; mientras que la tercera revolución industrial surge a partir de la implementación de la automatización.

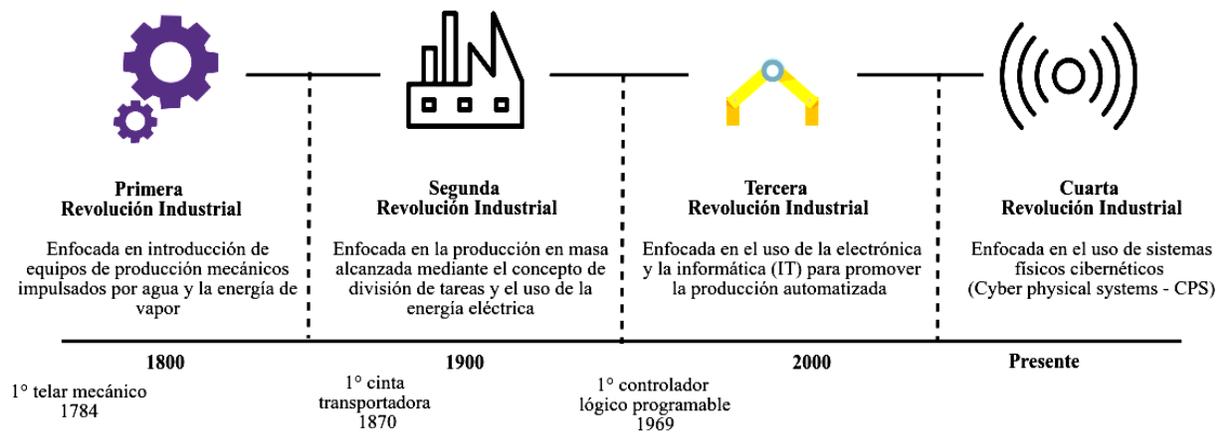


Fig.1. Revoluciones Industriales

Por último, el avance y expansión de la información y la digitalización a nivel global, trae consigo el concepto de industria 4.0, el cual según [1] surge por primera vez en el salón de la tecnología industrial Hannover Alemania en el año 2011. Ahora bien, el concepto de industria 4.0 describe la digitalización de las cadenas de valor, en el caso alemán el concepto es prevalente ya que según [2] la implementación de las tecnologías y el internet de las cosas a nivel industrial favorecen la integración de los diferentes procesos de producción y de negocio, lo que se traduce en una producción eficiente y flexible con bajos costos asociados y con alta calidad.

Bajo este panorama, la computación en la nube se constituye como una tecnología habilitadora para la industria 4.0, ya que permite la digitalización de los procesos, en concordancia con [3] al señalar que la computación en la nube corresponde a un modelo donde se permite el acceso ubicuo, conveniente, y bajo demanda a una piscina de recursos de cómputo configurables (redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones, y servicios) que pueden ser rápidamente provisionados y liberados con un mínimo esfuerzo o interacción del proveedor.

El paradigma de la computación en la nube subyace en su propia funcionalidad, la cual según [4] optimizar la funcionalidad de los servicios existentes de tecnologías de la información TI y habilitar otras funciones inviables hasta ahora.

Finalmente, la computación en la nube (en inglés cloud computing); representa una convergencia de dos grandes tendencias en las tecnologías de la información:

- (1) Eficiencia TI, donde la potencia de los computadores es usada con mayor eficiencia a través de configuraciones de hardware y software altamente escalables.
- (2) Inteligencia de negocios, al poder ser usada la computación en la nube como una herramienta de valor agregado, gracias al procesamiento paralelo, uso de analítica empresarial y de aplicaciones móviles interactivas que responden en tiempo real a los requerimientos del usuario.

1 METODOLOGÍA

El presente artículo, comprendió dos fases para su elaboración, la primera se tiene que ver con una búsqueda documental, orientada a recolectar y analizar artículos y documentos de trabajo relacionados con la industria 4.0 y la computación en la nube (cloud computing) se crearon unas categorías para la búsqueda: (a) industria 4.0, (b) computación en la nube, (c) digitalización industrial.

Así mismo, se determinaron cuáles serían las características de las fuentes a consultar, donde: (1) búsqueda en bases de datos científicas, (2) publicaciones posteriores al año 2011 y (3) publicaciones científicas o académicas.

La segunda fase del proyecto planteó el análisis de las herramientas identificadas a partir de la revisión, la oferta actual de servicios cloud computing en relación con la industria 4.0 y las necesidades específicas de la digitalización industrial.

2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan a continuación los principales hallazgos a partir de la revisión; se evidencia el alto potencial de las herramientas disponibles como habilitadoras en la industria 4.0.

2.1 Algunos conceptos claves

El Cloud Computing, se refiere a un conjunto de servicios ofrecidos a través de internet, mediante aplicaciones configuradas por medio de la convergencia de hardware y software en centros de datos alrededor del mundo.

Según [5] los servicios ofertados por un centro de datos, se denominan servicios en la nube, en este sentido, cuando se contrata un servicio de la dicha nube esta pasa a considerarse como una nube pública, por otro lado, el término nube privada se usa para referirse a los centros de datos internos de un negocio u otra organización, y estos a su vez, no están disponibles para el público general.

Según [6] señalaba en el año 2011, que a pesar de que el desarrollo de la computación en la nube tomaría algunos años en completarse, las tecnologías existentes para la época permitían el uso multiusuario, la visualización y los servicios web.

Ahora bien, un servicio web se entiende como un sistema de software diseñado para soportar la interacción máquina-máquina sobre una red. La definición engloba muchos sistemas diferentes, pero en el uso común el término se refiere a clientes y servidores que se comunican sobre el protocolo HTTP usado en la web. Los servicios web ayudan a estandarizar las interfaces entre aplicaciones, haciendo esta de fácil manejo e intuitiva.

En la revisión de la literatura, se señala el marco del Cloud computing como un SOA (Service oriented architecture) donde según [7] cuenta con 3 tipos de servicios, Fig. 2.

Infraestructura como servicio IaaS: se divide en nubes computacionales y fuentes de recursos, las primeras permiten acceder a recursos computacionales como CPUs, hipervisores y utilidades. Las segundas contienen recursos escalables como servicios a usuarios, es decir, posibilitan el mejoramiento de la capacidad de visualización.

Infraestructura como servicio PaaS: provee recursos computacionales, a través de una plataforma sobre la que los servicios y aplicaciones pueden ser desarrollados y alojados.

Software como un servicio (SaaS): referido como un servicio o nube de aplicación, ofrece implementaciones de funciones específicas de negocios y procesos de negocios que son provistos a través del servicio en la nube, algo relacionado con el tema específico de industria 4.0.

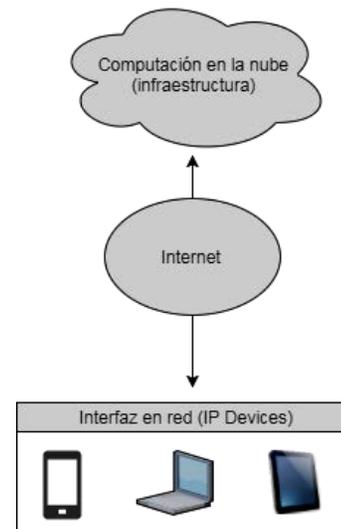


Fig.2. Arquitectura en la nube orientada a servicios.
 Fuente: Autores

2.2 Herramientas orientadas a la industria 4.0

2.2.1 Uso de la computación en la nube en la empresa

El presente artículo hace parte del programa de investigación enfocado a la consecución de estrategias para el desarrollo de la industria 4.0 en las pequeñas y medianas empresas de Colombia liderado por el grupo INGECO de UNAULA y con un horizonte de trabajo en una primera fase a dos años.

En este sentido, cobra gran importancia la identificación de las herramientas con potencial de aplicación en la industria 4.0 y especialmente en el ámbito de las PYMES. Al respecto según [4] la computación en la nube tiene mucho sentido para las PYMES, sin embargo se resalta la existencia de algunos problemas técnicos, operacionales y organizacionales que deben resolverse.

TABLA 1. Servicios de computación en la nube. Fuente: Autores con información de [6].

Proveedor	Servicio
IBM	IBM provee servicios de computación en la nube llamado “nube azul (Blue cloud)” que ofrece a las compañías acceso a herramientas que les permiten manejar aplicaciones de gran escala y bases de datos vía IBM cloud. La compañía ofrece servicios de consultoría para ayudar a las compañías a integrar su infraestructura a la red.
Google	App engine de Google ofrece acceso a las organizaciones clientes a la plataforma basada en la nube que provee herramientas para construir y almacenar aplicaciones web. Su oferta principal de SaaS es Google Apps, un conjunto de herramientas de productividad de oficina en línea que incluye correo electrónico, calendario, y una herramienta simple de creación de sitios web.
Microsoft	La compañía ha programado que Microsoft Azure, el “sistema operativo de la nube” PaaS aparezca en 2010 Adicionalmente están servicios como: la plataforma de servicios Azure para ejecutarse en los sistemas operativos dándole al cliente acceso a muchos servicios online de Microsoft como Live, .Net, SQL, SharePoint, y Microsoft Dinamic CRM.
AT&T	AT&T provee dos servicios en la nube, hospedaje sináptico, con el que las compañías clientes serán capaces de almacenar el servicio de Windows, las aplicaciones de servidor cliente de Linux y aplicaciones Web en la nube de AT&T; y el almacenaje sináptico permite a los clientes almacenar los datos en la nube AT&T.
Apache	Apache hadoop es un software abierto que ha inspirado el desarrollo de una base de datos y herramientas de programación para la computación en la nube.
EMC	Provee dos componentes clave para la computación en la nube –software de visualización y almacenamiento. También ofrecen soluciones de almacenamiento especializado para aplicaciones en la nube.
Cisco	Cisco es un participante relativamente tardío en el espacio del cloud computing, están trabajando activamente en un conjunto de estándares que permitirán portabilidad entre proveedores.
Amazon	Entre los servicios web de Amazon, están “la nube de computación elástica (EC2)”, para capacidad informática, y un servicio de almacenamiento simple (SE3), para capacidad de almacenamiento bajo demanda. Además de estas ofertas básicas Amazon ofrece el simple DB (un servicio de base de datos web), CloudFront (un servicio web para entrega de contenido) y el simple queue service (un servicio alojado para almacenar los mensajes mientras viajan entre nodos).
SalesForce.com	Es la primera aplicación SaaS conocida y exitosa. Siguiendo su camino, la compañía ha presentado Force.com, un conjunto integrado de herramientas y servicios de aplicaciones que los proveedores independientes y departamentos corporativos de TI pueden usar construir cualquier aplicación comercial y ejecutarla en la misma infraestructura que entrega las aplicaciones de salesforce CRM.
Enomaly	La plataforma de computo elástica (ECP) integra centros de datos con ofertas comerciales con ofertas comerciales de computación en la nube, permitiendo que los profesionales TI gestionen y gobiernen recursos internos y externos desde una sola consola, mientras que facilita mover las máquinas virtuales de un centros de datos a otro.
CapGemini	CapGemini es la primera firma proveedora de servicios en conseguir un asociación con Google Apps premier edition (GAPE) para empresas. Esta usa el software de Google como una iniciativa de servicio para identificar oportunidades entre grandes empresas.
RichtScale	Ofrece la plataforma RichtScale, una plataforma SaaS que ayuda a los consumidores a gestionar los procesos TI que ellos han tercerizado a proveedores de nube. Despliega nuevos servidores virtuales y aplicaciones, realiza el balanceo de carga en respuesta a las necesidades cambiantes, automatiza las copias de seguridad de almacenamiento y ofrece supervisión en informes de errores.
Vordel	Ofrece varios servicios de software y hardware que ayudan a las empresas a implementar aplicaciones basadas en la nube. Provee el gobierno, desempeño, interoperabilidad y marco de seguridad que permite a las empresas explotar la computación en la nube.

En comparación con las grandes empresas, estas normalmente consideran que los servicios computacionales no son rentables, ya que para grandes empresas especialmente aquellas que han alcanzado la mejor eficiencia en sus operaciones informáticas, donde un centro de datos típico de una gran organización puede operar a costos más bajos de los que se requiere para subcontratar servicios de computación en la nube.

Sin embargo las PYMES no tienen los recursos para dotar su organización con un sistema privado de gestión de información, en este sentido, los precios de los servicios de proveedores en la nube son mucho menores. Aún más importante, es entender que la computación en la nube no necesita inversión inicial, lo que permite a empresas con problemas de liquidez un uso más flexible del capital, bajo costo para un uso esporádico, fácil manejo, escalabilidad, independencia de dispositivos y locación e innovación rápida [8].

2.2.2 Software de Cloud Computing de código abierto

Según [3] hay muchas clases de opciones de cloud computing disponibles entre estas las mencionadas en el apartado introductorio: software como servicio (SaaS), plataforma como servicio (PaaS), y infraestructura como un servicio (IaaS), sin embargo se destaca el software de código abierto ya que provee una ventaja para aplicaciones; al poseer una arquitectura de acceso gratuito, esta puede ser usada, cambiada y compartida por cualquiera, donde el factor abierto hace que muchos desarrolladores colaboren para mejorar y agregar funciones. Finalmente, a continuación se relacionan cuatro arquitecturas de código abierto de computación en la nube, las cuales según [5] se constituyen como la primera oferta de servicios de este tipo.

Opennebula: Es un software de código abierto (liberado bajo la licencia Apache, v2.0) este proporciona una solución IaaS de computación en la nube, soporta nubes privadas, híbridas y públicas con un pequeño enfoque en la nube privada. El núcleo está escrito en C++ y el resto en Ruby. Además, provee interfaces de nube estándar (Amazon EC2, OGF Open Cloud Computing Interface, y vCloud).

Eucalyptus: Es un paquete de software de código abierto diseñado para construir ambientes de computación privados/híbridos compatibles con el servicio web EC2 y S3 de Amazon.

Apache cloudstack: Es un software de código abierto para desarrollar nubes IaaS públicas y privadas, basado en Java y habilita host de hipervisor que usa su servidor de administración. Por otro lado, está diseñado para ser independiente de hipervisor y puede ser compatible con XenServer/XCP, KVM, Hyper-V, y/o VMware ESXi con vSphere. Proporciona administración de usuarios, multipropiedad y separación de cuentas. Interactúa con recursos de red, computación y almacenamiento a través de una red API nativa o una interfaz de usuario basada en la red [3].

Openstack: Es una plataforma de computación en la nube que soporta todos los tipos de ambientes de nube, el proyecto busca facilitar separar y acceder a los componentes de cómputo, networking, y almacenamiento necesarios para trabajar con un sistema de nube a través de implementación simple, escalabilidad masiva y un rico conjunto de características.

2.2.3 Producción en la nube (Cloud manufacturing -CM)

El objeto principal de la industria 4.0 se centra en consolidar los objetos inteligentes, productos autónomos, y procesos de toma de decisión usando nuevas tecnologías.

En este sentido, la computación en la nube puede convertirse en un habilitador para estos sistemas futuros de automatización, ya que esta ha influenciado áreas que comprenden sistemas de oficina y de empresas [9].

De igual forma, la producción en la nube es vista como un nuevo paradigma de fabricación. Definida por [10]-[11] como un modelo que permite el acceso ubicuo, conveniente, y bajo demanda a una piscina compartida de recursos computacionales (redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones, y servicios) que pueden ser rápidamente provisionados y liberados con un mínimo esfuerzo de gestión o interacción de proveedor de servicio, Fig.3.

Ahora bien, la producción en la nube trae consigo una serie de ventajas en comparación con las cadenas de producción tradicionales (ver Fig.4) las principales ventajas se relacionan a continuación:

a. Centralidad en el consumidor: en el ambiente de CM las relaciones de la cadena de suministro son centradas en el consumidor, traducido en una eficiencia mejorada, costo reducido, flexibilidad incrementada y mejores capacidades para el usuario. Estos beneficios se derivan de la creación de secuencias flexibles de manufactura habilitadas por la agrupación de recursos PRP (proveedores de recursos físicos). El objetivo un ambiente CM es unir usuarios, con necesidades, a proveedores que pueden llenar esas necesidades mientras se satisfacen los costos, cronogramas y objetivos del usuario.

b. Temporal, reconfigurable, dinámica: otra característica del CM es el dinamismo, y la naturaleza flexible del aprovisionamiento de recursos. Las líneas de producción de CM son de carácter temporal, lo que permite la producción de lotes más pequeños, pero no excluye la posibilidad de producción más larga. La capacidad de reconfigurar los recursos de producción permite alta eficiencia, un tiempo de inactividad mínimo y una respuesta inmediata a la demanda.

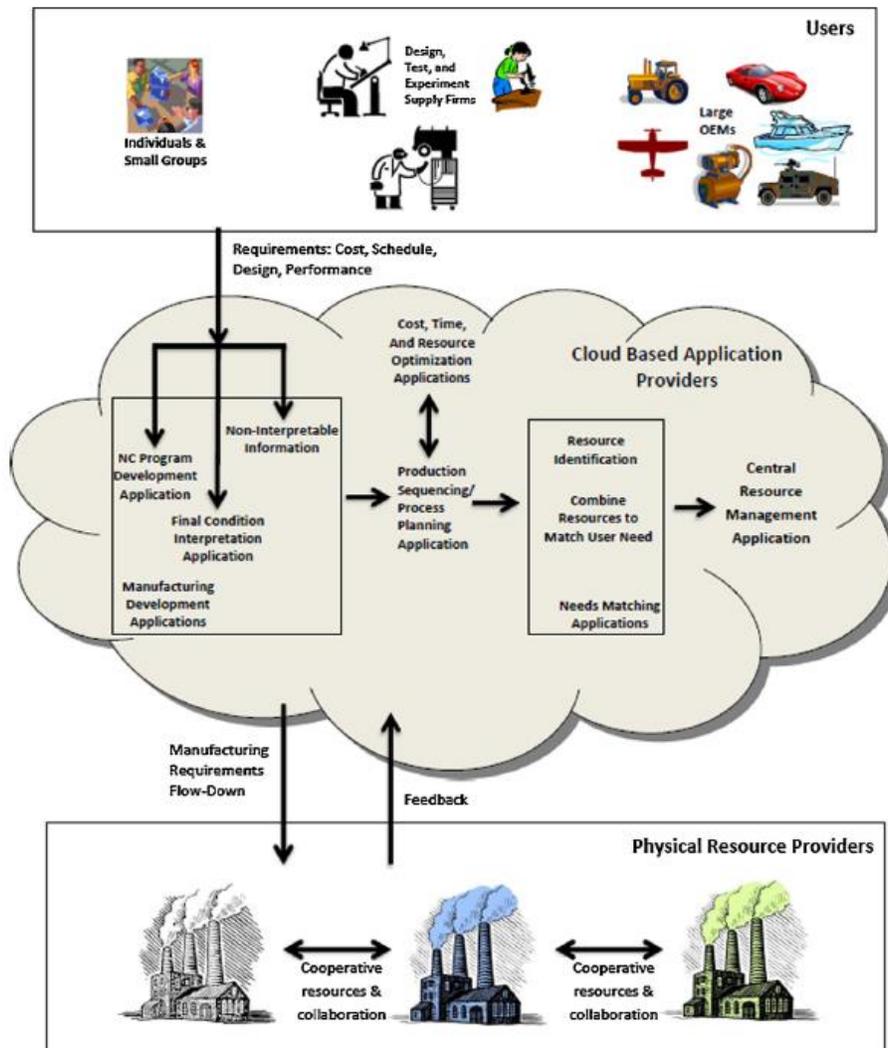


Fig.3. Visión estratégica del CM. Fuente: [12].

a. No desechar ningún trabajo: Gracias al rango de PRPs conectados, los trabajos que no fueron alguna vez viables económicamente son habilitados a través de la flexibilidad del ambiente CM. Las aplicaciones en la nube pueden desarrollar múltiples escenarios de planificación y costos múltiples para su consideración por el consumidor, utilizando el acceso a una amplia gama de recursos para permitir oportunidades de ahorro no realizables en configuraciones de fabricación tradicionales.

b. Impulsada por la demanda, demanda inteligente: al igual que cualquier entidad de fabricación de hoy en día, la medida en la que se ejerce el ambiente CM está impulsada por la demanda del usuario. Sin embargo a diferencia de las empresas tradicionales, el entorno CM posee “demanda inteligente” donde la flexibilidad inherente del sistema es usada para asegurar una distribución de carga uniforme en

recursos de fabricación equivalentes o intercambiables.

c. Carga compartida, beneficio compartido: Las organizaciones y relaciones comerciales tradicionales confían en una estructura de control escalonada, que actúa en conjunto para crear valor. Las organizaciones de negocios a menudo varían ampliamente entre industrias, la organización de una empresa a menudo define a una empresa en relación a como hace el producto o qué tipo de servicio que ofrece, en este sentido según [13] un modelo de negocios articula la propuesta de valor para el cliente; identifica un segmento de mercado; define la estructura de la cadena de valor; especifica los mecanismos de generación de ingresos; describe el posicionamiento dentro de la red de valor o el ecosistema, y también desarrolla una estrategia competitiva mediante la cual la firma gana y tiene ventaja sobre sus rivales.

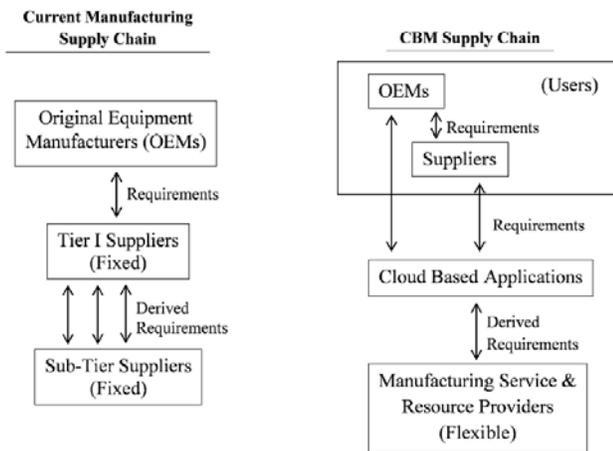


Fig.3. Comparación de cadenas de suministro tradicional y CM

3 TRABAJOS FUTUROS

El presente artículo es un esbozo al amplio campo de estudios sobre la cuarta revolución industrial, revolución que se constituye como una oportunidad para el trabajo en las líneas de investigación en desarrollo industrial y desarrollo tecnológico.

Ahora bien, la dinámica de las PYMES de Colombia es altamente competitiva, teniendo en cuenta que este tipo de empresas son las que mayor empleo generan en el país; es entonces una necesidad inmediata el continuar trabajando en la generación de estrategias que permitan la competitividad del sector a partir de la digitalización industrial.

Finalmente, como trabajo futuro se invita a la comunidad académica a continuar con los esfuerzos en investigación y desarrollo que posibiliten ofrecer soluciones de base tecnológica para a adaptación de procesos industriales a entornos digitales.

4 CONCLUSIONES

En esta contribución de carácter técnico, se han evidenciado las características que la computación en la nube ofrece para facilitar la adopción de la industria 4.0; una de las principales fortalezas está en la posibilidad de visualizar, posibilidad que subyace en el concepto de visualización, siendo un tipo de tecnología que oculta las características físicas (hardware) de una plataforma informática de los usuarios, en lugar de presentarla de forma abstracta, las plataformas de computación en la nube permiten ser configuradas bajo demanda,

mantenida y replicada muy fácilmente, sin generar impactos en los espacios físicos de las empresas.

De igual forma, una fortaleza clara de la computación en la nube se relaciona con el concepto de multiusuario, toda vez que una sola instancia de una aplicación sirve a múltiples clientes, lo que permite un mejor uso de los recursos de un sistema en términos de memoria y gasto general de procesamiento.

La computación en la nube, permite obtener servicios donde la empresa sólo paga por los recursos que usa y en el momento en que los necesita. Entre las ventajas es necesario destacar también la agilidad de este tipo de tecnología toda vez que posibilita minimizar el tiempo empleado en actividades secundarias del negocio, dando espacio para centrarse en actividades estratégicas.

Otras ventajas importantes, se relacionan con la recuperación rápida del sistema y su información ante desastres, y la posibilidad de que cualquier usuario autorizado pueda acceder o actualizar información desde cualquier lugar del mundo, en cualquier momento y desde dispositivos móviles, sin necesidad de tener que acudir al espacio físico de la empresa; es este punto uno de los principales hitos de la industria 4.0.

Finalmente, las PYME cuentan con la posibilidad de dotarse de condiciones tecnológicas similares a las de grandes empresas lo que representa una nueva dinámica empresarial, donde el mundo de posibilidades que ofrece la digitalización industrial permitirá que la competitividad alcance niveles muy altos en comparación con la dinámica empresarial presente durante la tercera revolución industrial.

REFERENCIAS

- [1] Deutschland.de, "Industria 4.0 en la Feria de Hannover," 2014. [Online]. Disponible: <https://www.deutschland.de/es/topic/economia/globalizacion-comercio-mundial/industria-40-en-la-feria-de-hannover>. (Consultado el 18 de Septiembre de 2017).
- [2] R. Drath and A. Horch, "Industrie 4.0: Hit or Hype?," *IEEE Ind. Electron. Mag.*, pp. 56–58, 2014.
- [3] M. Michel, O. Serres, A. Anbar, E. J. Golden, and T. El-Ghazawi, "Open Source Private Cloud Platforms for Big Data," in *Big Data Analytics for Sensor-Network Collected Intelligence*, Elsevier, 2017, pp. 63–80.
- [4] S. Marston, Z. Li, S. Bandyopadhyay, J. Zhang, and A. Ghalsasi, "Cloud computing — The business perspective," *Decis. Support Syst.*, vol. 51, no. 1, pp. 176–189, Apr. 2011.
- [5] M. Armbrust *et al.*, "A view of cloud computing," *Commun. ACM*, vol. 53, no. 4, p. 50, Apr. 2010.

- [6] S. Marston, Z. Li, S. Bandyopadhyay, J. Zhang, and A. Ghalsasi, "Cloud computing — The business perspective," *Decis. Support Syst.*, vol. 51, no. 1, pp. 176–189, Apr. 2011.
- [7] V. Chang, R. J. Walters, and G. Wills, "The development that leads to the Cloud Computing Business Framework," *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 33, no. 3, pp. 524–538, Jun. 2013.
- [8] F. T. Neves, F. C. Marta, A. M. R. Correia, and M. de C. Neto, "The adoption of cloud computing by SMEs: identifying and coping with external factors.," Oct. 2011.
- [9] O. Givehchi, H. Trsek, and J. Jasperneite, "Cloud computing for industrial automation systems — A comprehensive overview," in *2013 IEEE 18th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA)*, 2013, pp. 1–4.
- [10] P. M. Mell and T. Grance, "The NIST definition of cloud computing," Gaithersburg, MD, 2011.
- [11] D. Wu, M. J. Greer, D. W. Rosen, and D. Schaefer, "Cloud manufacturing: Strategic vision and state-of-the-art," *J. Manuf. Syst.*, vol. 32, no. 4, pp. 564–579, Oct. 2013.
- [12] D. Wu, M. J. Greer, D. W. Rosen, and D. Schaefer, "Cloud manufacturing: Strategic vision and state-of-the-art," *J. Manuf. Syst.*, vol. 32, no. 4, pp. 564–579, Oct. 2013.
- [13] M. Sako, "Business models for strategy and innovation," *Commun. ACM*, vol. 55, no. 7, p. 22, Jul. 2012.

Artículos de reporte de caso y/o divulgación



ARTÍCULO RETRACTADO

Título de artículo retractado: "Evaluación del aprendizaje basado en problemas de ingeniería"

Autores: José Eucario Parra Castrillón. Correo electrónico: Eucarioparra5@gmail.com, Carlos Arturo Castro Castro. Correo electrónico: carlos.castro@usbmed.edu.co y Mauricio José Amariles Camacho. Correo electrónico: mauricio.amariles@usbmed.edu.co

Datos de ubicación:

Lámpsakos

Año: 2018

Edición: 20

Páginas: 10

ID OJS: 2905

URL: <http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/2905>

Fecha de retiro: 11/01/2019

Tipo de retractación: Se realiza publicación anticipada por error editorial.

[ARTÍCULO RETRACTADO]

Se realiza publicación anticipada por error editorial.

ARTÍCULO RETRACTADO

DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2905>



Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Sin Derivar 4.0 Internacional

Lámpsakos | No. 20 | pp. 77-86 | julio-diciembre | 2018 | ISSN: 2145-4086 | Medellín-Colombia

Evaluación del Aprendizaje Basado en Problemas en Ingeniería

Learning Evaluation Based on Engineering Problems

José Eucario Parra Castrillón, MSc

Unisabaneta
Medellín, Colombia

Eucarioparra5@gmail.com

Carlos Arturo Castro Castro, MSc

Universidad de San Buenaventura
Medellín, Colombia

carlos.castro@usbmed.edu.co

Mauricio José Amariles Camacho, MSc

Universidad de San Buenaventura
Medellín, Colombia

mauricio.amariles@usbmed.edu.co

(Recibido el 27-08-2018, Aprobado el 07-12-2018, Publicado el 11-01-2019)

Estilo de Citación de Artículo:

J. E. Parra, C.A. Castro, M. Amariles, "Evaluación del aprendizaje basado en problemas en ingeniería", Lámpsakos, no. 20, pp 77-86, 2018
DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2905>

Resumen: Una iniciativa para promover el aprendizaje significativo y para dinamizar el currículo, entendido este como la red de procesos y variables endógenas y exógenas que posibilitan la formación de los estudiantes es el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Esencialmente esta metodología está enfocada en el análisis y evaluación de situaciones problemáticas y el diseño e implementación de soluciones, de acuerdo con los alcances conceptuales adecuados para el curso donde se esté desarrollando. En oposición a la clase magistral, las funciones del profesor son planear los problemas, facilitar información, asesorar a los estudiantes, motivar continuamente y evaluar los episodios incrementales de los trabajos. Asimismo, las actividades las realizan los estudiantes formando equipos pequeños, sus aprendizajes surgen desde sus interacciones con los problemas y la indagación continua es la característica fundamental en las clases. Con el objetivo de evaluar internamente la metodología y verificar si sus presupuestos pedagógicos son reales, se ha diseñado un instrumento que se aplica a estudiantes y profesores para medir sus percepciones sobre actitudes, conocimientos y actuaciones resultado del Aprendizaje Basado en Problemas (MACA-ABP).

Palabras clave: Aprendizaje activo, aprendizaje basado en problemas, estrategia de enseñanza, método de aprendizaje, método de enseñanza.

Abstract: An initiative to promote meaningful learning and to energize the curriculum, understood as the network of endogenous and exogenous processes and variables that enable student training, is problem-based learning (PBL). Essentially this methodology is focused on the analysis and evaluation of problematic situations and the design and implementation of solutions, according to the conceptual scopes appropriate for the course where it is being developed. In opposition to the master class, the teacher's functions are to plan the problems, provide information, advise students, continually motivate and evaluate the incremental episodes of the work. Also, the activities are done by the students forming small teams, their learning arise from their interactions with the problems and the continuous investigation is the fundamental characteristic in the classes. In order to evaluate internally the methodology and to verify if their pedagogical budgets are real, an instrument has been designed that applies to students and professors to measure their perceptions about attitudes, knowledge and actions result of Problem-Based Learning (MACA-ABP).

Keywords: Active learning, problem-based learning, teaching strategy, learning method, teaching method

NOMENCLATURA

ABP: Aprendizaje Basado en Problemas.

MACA-ABP: Medición de percepciones sobre Actitudes, Conocimientos y Actuaciones resultado del Aprendizaje Basado en Problemas.

1 INTRODUCCIÓN

¿Que enseñar? ¿Cómo enseñar? estas son dos preguntas en la docencia universitaria para alcanzar aprendizajes significativos y estudiantes muy motivados. Ciertamente, interrogantes como estos son los que conducen a la investigación educativa para intentar innovaciones o hacer replanteamientos, ya que esencialmente el fin es la calidad formativa y su incidencia en el perfil de los estudiantes. Con respecto a estas inquietudes, en este trabajo se exponen conceptos sobre la estrategia de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y sobre un instrumento para medir las percepciones de profesores y estudiantes que han participes de su entorno (MACA-ABP). Los objetivos específicos son: conocer fundamentos curriculares y pedagógicos del ABP y presentar la estructura de un instrumento que permite evaluar internamente sus características. Para la educación superior los análisis que se presentan son significativos, ya que MACA-ABP además de su función natural de ser un instrumento para procesos de retroalimentación, puede utilizarse como guía cuando se decida implementar en las clases el ABP en facultades de ingeniería o de ciencias económicas y contables.

En la docencia un asunto prioritario es el relacionado con los contenidos de la enseñanza y cómo enseñar, cuando se procura la generación de aprendizajes significativos y sobre todo, para lograr estudiantes altamente motivados. Pensando en esto, en las universidades debiera de planearse la reflexión y la práctica docente teniendo en cuenta que las preocupaciones presentes en la educación superior como la innovación, el pensamiento complejo o la integralidad, deben encuadrarse dentro de unas intencionalidades formativas que interrelacionen dimensiones antropológicas, axiológicas, pedagógicas y epistemológicas [1].

La dimensión antropológica incluye la concepción de profesional y de sociedad que se quiere formar (este es asunto conocido, puede ser un cliché, no obstante ocurre que muchas veces que las personas se gradúan sin aprender y otras tantas van a las clases por inercia, sin criterios). Aclárese que esta no puede ser una decisión arbitraria o una postura absolutista,

por el contrario, debe estar conjugada con el momento histórico del acto educativo y las tensiones conceptuales por ejemplo, entre la regionalización y la globalidad; la heterogeneidad y la homogeneidad, la especialización y la generalización o la flexibilidad y la formalidad.

La dimensión axiológica se funda en los principios para el respeto y la alteridad en general. Esto es que el profesional debe tener obviamente todo el bagaje técnico para hacer planes, resolver problemas, emprender proyectos, evaluar situaciones, gestionar actividades, pero en mayor dimensión debe preservar la impronta del buen actuar. Esto significa el valor intrínseco representado en el reconocimiento del otro, el contexto, las regulaciones, los principios o los conceptos que identifican los lugares a donde ese profesional llegue.

A su vez, la dimensión pedagógica hace referencia al método y a los ambientes para que el estudiante aprenda. Lo pedagógico define la forma como se relacionan los estudiantes y el profesor y orienta la gestión de los medios para el aprendizaje. Para C. Aragón [2], la contribución de la pedagogía es comprender dialécticamente la relación entre los procesos de enseñanza y aprendizaje de las disciplinas, considerando aspectos relacionados con el desarrollo del pensamiento.

Mientras que la epistemológica es la dimensión que establece los criterios para la esencia del conocimiento que circulará en el proceso de aprendizaje. Dicho de otra forma: la docencia debe considerar el marco adecuado para el tipo de conocimiento y los niveles de complejidad y uso que se requieren de acuerdo con las realidades propias del estudiante que se quiere perfilar y además, de acuerdo con la pertinencia de dicho perfil.

A propósito de estas dimensiones dos aspectos merecen aclararse y es que estas no son puntuales y aisladas. Dentro de ellas hay unas interrelaciones que se explican porque el acto educativo es fundamentalmente humano y porque el currículo es complejo, aspecto que, según J. González [3], determina propósitos y criterios como autorreflexión, autocrítica, contextualización del saber, multidimensionalidad del contexto, comprensión de los problemas y análisis crítico de la incertidumbre.

Estas dimensiones y sus interrelaciones deben tenerse en cuenta tanto en los diseños macro-curriculares como micro-curriculares, o sea, su incidencia debe motivar decisiones en la planeación y diseño curricular de las carreras universitarias, y

también en las dinámicas al interior de las clases. En suma, los interrogantes acerca de que enseñar (los contenidos) y como enseñar (la metodología) implica conceptualizaciones sobre el perfil integral del estudiante y el enfoque pedagógico adecuado para ese fin.

Igualmente, relacionado con el que y como enseñar está el aprendizaje significativo. Puede definirse como el conjunto de procesos mentales que relacionan una información o conocimiento nuevo con la estructura cognitiva previa de quien aprende, en forma elaborada, para conceder nuevos significados, tanto a la estructura anterior como a la resultante. Esto es, cuando hay aprendizaje significativo en la persona, hay una atribución de nuevos significados cognitivos [4]. Dicho de otra forma, el estudiante que aprende, establece conexiones entre la información nueva y la que ya tiene, estableciendo reconstrucciones en las dos, hasta que le encuentra sentido al aprendizaje. El origen de este concepto es de David Ausubel, quien propuso un aprendizaje por descubrimiento en oposición al tradicional que está basado en la trasmisión hablada del docente, con un discurso imperativo dirigido a estudiantes pasivamente receptivos. J. Roys y A. Perez exponen unas estrategias de aprendizaje significativo cuyo fundamento es el constructivismo [5].

Para Contreras hay dos condiciones que los profesores deben considerar para cumplir con los propósitos de aprendizaje significativo: la predisposición del aprendiz y la presentación de los contenidos. En la primera, el docente debe tener la capacidad suficiente para motivar a los estudiantes hasta que estos alcancen la fuerza intrínseca y su decisión para aprender. En la segunda, el docente debe procurar que los recursos que va a utilizar como mediadores tengan significado lógico para el estudiante, o sea, deben existir anclajes adecuados con su estructura previa. Quiere decir esto que el proceso es sustancial, ya que es muy poco probable la apropiación del nuevo conocimiento si este no está relacionado con la estructura cognitiva previa del aprendiz.

Una iniciativa para generar aprendizaje significativo es el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). C. Paredes exhibe las siguientes características de esta estrategia de enseñanza: su fundamento es constructivista, siendo el estudiante el pilar fundamental del proceso; el punto de partida son situaciones problemáticas que el profesor plantea para resolver en grupos pequeños; la información nueva se adquiere en unas etapas auto dirigidas del estudiante con la asesoría del profesor, [6]. Agréguese que, “el estudiante busca y selecciona la

información, razona e integra los conocimientos previos y adquiridos, dando finalmente unas posibilidades diagnósticas o terapéuticas a un problema planteado...el problema debe ser retador, interesante y motivador para que el alumno se interese por buscar la solución” [7, p.115].

Desde el año 2013, en la Universidad de San Buenaventura, Medellín, y desde el año 2016 en UNISABANETA, se ha venido aplicando la estrategia de Aprendizaje Basado en Problemas, iniciativa que es producto del proyecto MESOVA, Metodología de Desarrollo de Software para Objetos Virtuales de Aprendizaje. Las motivaciones han surgido desde varias inquietudes: ¿Cómo lograr aprendizaje significativo en la ingeniería de sistemas e ingeniería informática? ¿Cómo alcanzar la estimulación intrínseca en los estudiantes? ¿Cuáles estrategias trazar para la formación de la competencia investigativa y la actitud para el trabajo en equipos? A su vez, estas inquietudes están dentro de otras más generales relacionadas en las tensiones empresa-universidad, originadas por una formación específica para la productividad que se opone a otra enfocada en la integralidad y dimensión social y humana del profesional. Igualmente, la propuesta surge dentro de preocupaciones por la deserción en las facultades de ingeniería y por las incertidumbres sobre las competencias de los ingenieros de sistemas.

El ABP permite fortalecer el aprendizaje autónomo, construir conocimientos desde el análisis y solución de problemas contextualizados y planear estrategias para la asertividad de las comunicaciones del profesor con sus estudiantes [8]. Pero el ABP no debe concebirse como un elemento didáctico puntual o como una instrumentación para facilitar aprendizajes. Por el contrario, sus dimensiones son curriculares y por esto complejas, lo que conlleva a determinar sus dimensiones antropológicas, axiológicas, epistemológicas y pedagógicas.

El enmarque antropológico del ABP está dirigido a la formación de profesionales con competencia investigativa, dotados de pensamiento sistémico para entender los componentes de los contextos sin perder la noción de su totalidad y con criterios para comprender el ciclo de vida de los proyectos. Además, a la formación de profesionales con capacidades para plantear ordenadamente y evaluar situaciones problemáticas. Por su parte el elemento axiológico conduce a la comprensión y el respeto que el otro se merece, a la alteridad como principio de convivencia, lo que se posibilita desde la condición del ABP de trabajo en pequeños grupos de estudiantes. Igualmente, del trabajo en grupos se potencializan conductas como el cumplimiento, la solidaridad, la ética o la tolerancia. En relación con lo

pedagógico, el ABP es una oportunidad para el aprender haciendo o para el aprendizaje por descubrimiento, que tiene como esencia la participación interactiva de los estudiantes con el profesor, los contenidos, el ambiente y con su propia estructura cognitiva [9]. En relación con el encuadre epistemológico, en los procesos de ABP el estudiante interioriza el conocimiento con fundamento científico, dado que “el método científico es un procedimiento sistemático que permite alcanzar un conocimiento objetivo y que hace referencia a los procedimientos a emplear para la elaboración, desarrollo y posterior contratación de leyes, teorías o cuerpos científicos en general” [10, p. 123].

En el ABP el estudiante va resolviendo los problemas en la medida que avanza en la teorización propia de la disciplina o en la fundamentación de los métodos, técnicas y herramientas. Esta metodología es una antítesis del aprendizaje pasivo o memorístico. Además, pedagógicamente el ABP ampara la actividad constructivista del estudiante y la motivación incremental, ya que cada avance en la situación problemática es un logro parcial que lo entusiasma (advértase que un supuesto de ABP es el placer y la estimulación intrínseca y grupal).

En el ABP las situaciones problemáticas son diseñadas por el profesor estratégicamente con el criterio que estas sean significativas para los estudiantes, es decir, los elementos de su enunciado deben establecer anclajes con los conocimientos y la información previa que ellos tienen. Según J. E. Parra, M. J. Amariles y C.A. Castro, el problema (situación problemática) se convierte en el artefacto que establece la ruta del proceso formativo y por eso debe planearse con una intencionalidad pedagógica [11]. Igualmente, el profesor debe interpretar la conveniencia y viabilidad formativa del problema planeado, ya que fundamentalmente debe estar alineado con el nivel de conocimiento, las emociones, el contexto y las expectativas de los estudiantes.

El objetivo del ABP no es resolver problemas, sino que se plantea como una estrategia para el aprendizaje significativo. La situación problemática es el artefacto que permite el anclaje entre los conceptos previos de los estudiantes y los que llegan, para que se generen nuevos significados. Es por eso que esa situación debe ser pedagógicamente diseñada de manera que tenga sentido para el estudiante (Mas que problemas puntuales, lo fundamental en el ABP es el análisis y evaluación de situaciones problemáticas).

Como puede deducirse de los párrafos anteriores, los supuestos pedagógicos y curriculares del ABP tienen

entretejidos bien fundamentados y conceptualmente trazan propósitos para clases activas centradas en la actividad del estudiante, en contraposición a la metodología magistral de enseñanza. Sin embargo, pueden hacer distancias entre estos supuestos y la realidad observada en los escenarios donde se ha aplicado ABP. Pensando en esto, se ha propuesto un instrumento para Medición de Percepción sobre Actitudes, Conocimientos y Actuaciones Resultado del ABP (MACA-ABP). El objetivo ha sido validar con profesores y estudiantes los supuestos pedagógicos y metodológicos que se trazan cuando se decide aplicar la estrategia ABP en las clases.

Un aspecto básico que se ha considerado en ese instrumento es el de la motivación en ambientes educativos. Al respecto, J. Alonso ha propuesto el cuestionario MEVA (Motivaciones, Expectativas y Valores Relacionados con el Aprendizaje), constituido por varios grupos [12]. El primero contiene 6 orientaciones motivacionales evaluables y orientadas al aprendizaje: necesidad de autonomía y control personal, necesidad de aceptación incondicional, deseo de aprender y experimentar, competencia, deseo de aprender lo que es relevante y útil y el deseo de ser útil y poder ayudar a otros. El segundo, a su vez, con orientaciones al resultado, contiene: deseo de obtener una calificación positiva, deseo de obtener recompensas externas a la tarea y deseo de ser valorado positivamente. El último grupo con alineaciones hacia la evitación, contiene: deseo de no dejarse desbordar por la presión, deseo de no ser valorado negativamente, deseo de aprender lo que es relevante y útil y deseo de no dejarse amilanar por las propuestas del profesor.

Una variable importante en el ABP es el trabajo en grupos y por consiguiente, su medición se también se consideró en el diseño del instrumento MACA-ABP. Sobre esto, K. Puente-Palacios y T. Puente exponen elementos que inciden en el éxito del trabajo en equipos: las características individuales de los miembros, el equipo en su totalidad, el ambiente de trabajo y la construcción continua de relaciones e interacciones entre sus miembros, [13]. Dentro de características individuales se mencionan la personalidad, las actitudes y las habilidades de los miembros; en las grupales se incluyen el tamaño del equipo y la estructura y dinámica demográfica; en las relacionadas con el ambiente se consideran las motivaciones exógenas, las oportunidades y las políticas de la organización que envuelve al grupo; con respecto a las interacciones y relaciones, se consideran aspectos como la administración del conflicto, las estrategias para desarrollar las actividades y el papel de la comunicación.

Otro referente que se tuvo cuenta en la construcción del instrumento de medición del ABP, es uno para evaluación de estrategias de aprendizaje que propusieron Gargallo, Suarez-Rodríguez y Perez-Perez [14]. Es un cuestionario denominado CEVEAPEU cuya estructura comprende dos escalas: estrategias afectivas, de apoyo y control (automanejo) y estrategias relacionadas con el procesamiento de la información. La primera escala incluye catorce estrategias agrupadas en las siguientes sub-escalas: estrategias motivacionales, componentes afectivos, estrategias meta-cognitivas y estrategias de control del contexto, de interacción social y de manejo de recursos. La segunda escala a su vez, está constituida por nueve estrategias integradas en dos sub-escalas: estrategias de búsqueda y selección de información y estrategias de procesamiento y uso de la información.

2 METODO

Se analizó que el instrumento de medición que se aplique en la evaluación de ambientes de aprendizaje, es una opción metodológica que adquiere forma solo a partir del significado de las variables consideradas. Así lo tuvo en cuenta M. Cerón en el diseño y aplicación de una propuesta para la valoración de un ambiente virtual de aprendiza desde la perspectiva del estudiante, con una estructura constituida por las siguientes categorías subjetivas: visión ética, visión estética, visión de visibilidad, visión de sostenibilidad, aspectos físico-tecnológicos, [15]. Llama la atención la integralidad de esta propuesta, pues se incluyen aspectos relacionados con el ambiente de aprendizaje, bajo una conceptualización que van más allá de los procesos de operatividad didáctica.

Con fundamentos en los anteriores referentes, dentro de la propuesta MACA-ABP, se ha considerado una estructura que toma en cuenta valoraciones de comportamientos agrupados en: el saber ser (características o ítems relacionados con motivaciones, actitudes y emociones de los estudiantes), el saber hacer (Ítems relacionados con las actuaciones de los estudiantes), el saber conocer (ítems relacionados con aspectos cognitivos de los estudiantes). En los artículos escritos por J. Ramírez [16], S. Tobón [17], N. Núñez, O. Vigo, O., G. Palacios y M. Arnao [18], se encuentran definiciones, ejemplos, interpretaciones y análisis sobre estas categorías. El objetivo del instrumento es medir la percepción de los estudiantes y los profesores con respecto a la metodología ABP.

La validación del MACA-ABP se hizo con experiencias concretas. Se aplicó a 7 profesores y 98 estudiantes de ingeniería de sistemas de la Universidad de San Buenaventura (Medellín) y de ingeniería informática de UNISABANETA, desde 2016 hasta 2017, durante 4 periodos académicos consecutivos. Luego de terminado cada periodo académico, por separado se aplicó el instrumento a profesores y estudiantes en cuyas clases se desarrolló la estrategia ABP. Aunque su estructura es la misma y el significado obedece a criterios idénticos, las redacciones y formatos aplicados a unos y otros actores difieren en coherencia con los roles y posiciones de cada uno dentro de las clases. El instrumento lo constituyen los componentes relacionados con el ser, con el hacer y con los contenidos.

En la Tabla 1 se presentan las características de las valoraciones relacionadas con el Ser (motivaciones, actitudes y emociones de los estudiantes).

TABLA 1. VALORACIONES RELACIONADAS CON EL SER

Características
Respeto a los aportes de los compañeros
Cumplimiento con los calendarios y con los compromisos adquiridos
Esfuerzo por sobrepasar los límites mínimos y lo estrictamente útil
Demostración de autonomía y control propio
Deseos de recompensas y evaluaciones positivas
Pasión y complacencia por lo que estaban realizando

En la Tabla 2 se presentan las características de las valoraciones relacionadas con el Hacer (actuaciones de los estudiantes).

TABLA 2. VALORACIONES RELACIONADAS CON EL HACER

Características
Iniciativa y criterios propios para hacer indagaciones
Aplicación de conocimientos producto de indagaciones propias.
Actuación más allá de lo mínimo, suficiente y necesario
Organización acertada de las necesidades y los problemas
Construcción de soluciones en coherencia con las necesidades específicas
Comunicación clara de indagaciones, logros y actividades realizadas
Aplicación de rutas metodológicas para el desarrollo de las soluciones
Trabajo en equipos de manera colaborativa

En la Tabla 3 se presentan las características de las valoraciones relacionadas con los contenidos, características inherentes a las temáticas, competencias y recursos del micro currículo.

TABLA 3. VALORACIONES RELACIONADAS CON LOS CONTENIDOS

Características	
Interacción con los contenidos planeados en el micro currículo	
Adquisición de los saberes y competencias planeados en el micro currículo	
Aplicación de los recursos planeados en el micro currículo.	

En la concepción del instrumento se admite que la clasificación puntual de las actuaciones dentro de esas categorías (ser, hacer o conocer) puede resultar incompatible con la complejidad del ser humano, pues sus manifestaciones son más difusas o grises que estrictamente blancas o negras y en un momento dado puede haber yuxtaposiciones o sobre posiciones de los comportamientos observados y puede ser arbitrario trazar líneas divisorias entre una categoría y otra, no obstante, esto no es un impedimento, pues en la valoración de los ítems no se consideran ponderaciones diferenciadores por categoría. En realidad esta clasificación es más un asunto de organización de los ítems de acuerdo con su manifestación, que de jerarquización de significados. Las valoraciones de cada ítem se hacen de acuerdo con la escala mostrada en la Tabla 4.

TABLA 4. ESCALA DE VALORACIÓN

Valor	Descriptores
5	Siempre se cumplió
4	Casi siempre, hubo excepciones en algunos casos y/o algunas veces
3	A veces, en general quedaron incertidumbres sobre el cumplimiento
2	Casi nunca, solo se cumplió en algunos casos o algunas veces
1	Nunca se cumplió

En la Tabla 5 se presenta la forma de valoración y las descripciones de cada rango. Los análisis se hicieron de acuerdo con estas descripciones.

TABLA 5. RESULTADOS Y DESCRIPCIONES

Valor	Descripciones
Menor de 2.5	El resultado descrito en la característica es deficiente y deben hacerse correctivos urgentes.
Entre 2.6 y 3.6	El resultado descrito en el ítem deja incertidumbres, pues se escila entre la deficiencia y un nivel satisfactorio.
Entre 3.7 y 4.4	El resultado es satisfactorio, pero deben analizarse los casos puntuales y las excepciones que incidieron en el resultado.
Mayor o igual a 4.5	El resultado descrito en la característica es muy bueno, pero esto no es óbice para plantear mejoras al proceso.

Con respecto a la Tablas 4 y 5, se han preferido unos descriptores flexibles, que puedan dar luces para análisis cualitativos de los resultados. Aunque tiene la forma de una escala de Likert, el proceso de valoración no considera promedios o puntuaciones totalizadoras por cada instrumento aplicado. Esto porque no es de interés la evaluación global de la metodología ABP que se haya aplicado en un grupo o en un periodo. La evaluación que se hace es por cada ítem, promediando todas las valoraciones que sobre cada uno haya hecho el grupo de estudiantes o de profesores, dado que lo que interesa es evaluar cómo logra el ABP el desarrollo de la conducta descrita en el ítem.

Se tuvo en cuenta que no tendría sentido promediar por cada ítem las valoraciones que hagan el profesor y el estudiante, pues en realidad el análisis de los resultados debe hacerse por separado, ya que son perspectivas distintas en los procesos formativos. Aunque se utilizan valoraciones numéricas, el análisis es cualitativo y por eso no se dio importancia a asuntos estadísticos estrictos. Resumiendo, el proceso de evaluación se realiza así:

- En las asignaturas donde se haya utilizado ABP, los profesores y los estudiantes diligencian el instrumento (distinto en su forma, pero con la misma estructura).
- Se promedian cada uno de los 17 ítems o características que valoraron los profesores.
- Se promedian cada uno de los 17 ítems o características que valoraron los estudiantes
- Se hacen análisis separados por profesores y por estudiantes, organizando las conclusiones en las categorías de saber ser, saber hacer y los contenidos.
- Se hacen análisis cualitativos comparando respuestas de estudiantes y profesores.

3 RESULTADOS

Los instrumentos se aplicaron en los periodos académicos: 2016-1, 2016-2, 2017-1 y 2017-2 y 2018-1. En UNISABANETA participaron estudiantes y profesores de ingeniería informática matriculados en las asignaturas de ingeniería de requisitos, calidad del software, ecuaciones diferencias y proyectos informáticos. En la Universidad de San Buenaventura, de la carrera de ingeniería de sistemas participaron estudiantes y profesores de las asignaturas programación orientada a objetos,

programación orientada a servicios, ingeniería de requisitos e introducción a la ingeniería. La Tabla 6 muestra los promedios de los resultados de la aplicación del instrumento a 138 estudiantes y 9 profesores. Lo que interesa es la evaluación global de la metodología y por eso se ha evitado sistematizar y analizar resultados por separado, para cada grupo o para cada Institución.

TABLA 6. RESULTADOS POR CADA CARACTERÍSTICA

Características	Respuestas profesores	Respuestas estudiantes
Respeto a los aportes de los compañeros	4,7	4,0
Cumplimiento con los calendarios y con los compromisos adquiridos	4,2	4,1
Esfuerzo por sobrepasar los límites mínimos y lo estrictamente útil	3,7	4,2
Demostración de autonomía y control propio	3,6	4,0
Deseos de recompensas y evaluaciones positivas	4,8	4,5
Pasión y complacencia por lo que estaban realizando	4,0	4,4
Iniciativa y criterios propios para hacer indagaciones	3,4	3,7
Aplicación de conocimientos producto de indagaciones propias.	3,9	4,0
Actuación más allá de lo mínimo, suficiente y necesario	3,7	3,8
Organización acertada de las necesidades y los problemas	4,7	4,7
Construcción de soluciones en coherencia con las necesidades específicas	4,7	4,8
Comunicación clara de indagaciones, logros y actividades realizadas	4,0	4,2
Aplicación de rutas metodológicas para el desarrollo de las soluciones	4,6	4,8
Trabajo en equipos de manera colaborativa	3,5	3,6
Interacción con los contenidos planeados en el micro currículo	4,7	4,1
Adquisición de los saberes y competencias planeados en el micro currículo	4,7	4,0
Aplicación de los recursos planeados en el micro currículo.	4,7	3,9

Algunos de estos resultados pueden tener unos sesgos naturales debido al alcance del rol, sea de profesor o de estudiante. Es el caso de los ítems relacionados con el micro currículo, pues es probable que los estudiantes no los conozcan o que tengan de ellos una visión superficial, al contrario de lo que le ocurre a los profesores. Igualmente, los juicios que hacen los profesores sobre motivaciones, actitudes y emociones de los estudiantes, pueden ser imprecisas o inconsistentes, pues de todas formas, aun con el seguimiento continuo, es probable que existan perspectivas que permanecen ocultas o que son

difíciles de descifrar.

De acuerdo con la Tabla 1, del grupo de características relacionadas con el ser, para los estudiantes las que se relacionan con demostración de autonomía y control propio y esfuerzo por sobrepasar los límites mínimos y lo estrictamente útil, reflejan incertidumbre en cuanto a su valoración. En cambio para los profesores el resultado reflejado en esta característica es satisfactorio. Además, ambos actores coinciden en que en el ABP la motivación se observa desde los deseos por de recompensas y evaluaciones positivas. Se observa también que ambas fuentes expresan que se observa complacencia por el trabajo realizado y se exhibe el valor por el respeto a los compañeros.

Asimismo, dentro de la categoría del hacer, las percepciones de los profesores y de los estudiantes, sobre las características relacionadas con la demostración de iniciativa y criterios propios para hacer indagaciones y con la actuación más allá de lo mínimo, suficiente y necesario, dejan incertidumbres y podría decirse, el resultado no es bueno absolutamente. Igualmente, ambas fuentes coinciden en la evaluación del trabajo en equipos, con un resultado que puede considerarse inaceptable y que también deja incertidumbres, según la Tabla 5. En cambio, tres características arrojan un alto puntaje y por eso se pueden catalogar como logro absoluto de la metodología ABP: organización acertada de las necesidades y los problemas; construcción de soluciones en coherencia con las necesidades específicas y aplicación de rutas metodológicas para el desarrollo de esas soluciones.

En relación con los contenidos, según los estudiantes se cumplió casi que completamente en lo relacionado con la interacción y adquisición de saberes, competencias y recursos planeados en las asignaturas. Paradójicamente, las respuestas de los profesores no reflejan la misma aceptación, lo que es entendible, pues ellos tienen más información sobre el diseño curricular y sobre los logros esperados.

Un supuesto básico del ABP es que en condiciones normales las características de las Tablas 1, 2 y 3, debieran cumplirse totalmente en beneficio del proceso formativo. Además, esas descripciones son las que justifican que tal iniciativa metodológica se lleve a las aulas de clase. Pero los resultados sobre la percepción que tienen estudiantes y profesores que han trabajado dentro de ese marco, demuestran que hay distancias con respecto a las expectativas planteadas. Pero lo anterior no es extraño si se considera que la incorporación del ABP ha sido puntual en algunas asignaturas del plan de estudios,

cuando la generalidad curricular de las instituciones le apuesta a enfoques tradicionales de aprendizaje que parten de los contenidos y de las clases expositivas de los profesores. Esto es un obstáculo, porque al estudiante se le propone asumir totalmente el rol que propone el ABP en determinada asignatura, cuando en las demás al mismo tiempo siguen reproduciéndose las prácticas tradicionales de enseñanza.

Otros factores que deben considerarse y que posiblemente expliquen algunos resultados no satisfactorios obtenidos de los instrumentos aplicados, tienen que ver con la evaluación, la organización de las actividades académicas, la multiplicidad de compromisos de los estudiantes, los ambientes de aprendizaje y la estrechez del tiempo de los profesores.

Con respecto a la evaluación de los estudiantes, dentro de las instituciones que obligan a ciertas periodicidades y protocolos a las cuales deben atenerse los grupos donde se aplica ABP, aunque vayan en contradicción de sus fundamentos. En materia de la organización de las actividades, la estructura poco flexible de los horarios imposibilita extensiones o complementariedades que tengan que incorporarse en algún momento especial del ABP. En lo que concierne a los estudiantes, bien se sabe que en el curso de sus carreras universitarias ellos en cada periodo están interactuando con distintas asignaturas y asumiendo compromisos dentro de cada una, lo que se convierte en una barrera para la apropiación total del rol determinado en el ABP. Igualmente, los profesores deben atender distintas responsabilidades que impiden dedicación completa a los grupos donde se ha implementado esas metodologías y por último, los ambientes de aprendizaje tiene la configuración física, logística y pedagógica que se ha diseñado para las clases tradicionales y no para la especificidad que implica el ABP.

Sin embargo, los resultados demuestran también logros puntuales en varias características, según la percepción de estudiantes y profesores. Los datos de la tabla 6 muestran que son más los resultados que oscilan entre muy buenos y satisfactorios, que aquellos que están en los rangos que dejan incertidumbre y también, ninguna característica fue valorada por profesores o estudiantes con resultado de insuficiencia o deficiencia. Las percepciones expresadas positivamente están en coherencia con los comentarios que de los profesores que han aplicado ABP, quienes destacan avances en cuatro factores: la motivación de los estudiantes para comprometerse con la situación problemática, el

acercamiento a problemas reales de la ingeniería de sistemas o informática, el interés exploratorio e investigativo y la forma como se va elaborando el aprendizaje de los conceptos puntuales a partir del estudio incremental de la situación problemática (este es el punto esencial de la metodología ABP).

Podría cuestionarse la conveniencia de aplicar a los estudiantes el instrumento con las características sobre el cumplimiento de los contenidos proyectados, Tabla 3, sabiendo que la información que ellos tienen sobre la planeación curricular es restringida. Habría que decir que esta información deberían evaluarla solo los profesores, ya que es su función la planeación micro-curricular. Pero dos aspectos deben considerarse: primero, la pregunta asociada a esta característica se plantea de manera distinta a los profesores y los estudiantes, para estos últimos se escribe en términos de “aprendió conceptos, métodos, o técnicas nuevas que había prometido el profesor “ y segundo, junto con las situaciones problemáticas, el desarrollo de las actividades formativas, los procesos de evaluación y las exposiciones de los estudiantes, el profesor debe hacer análisis e informar a ellos en qué medida se esta avanzando en la interacción con nuevos contenidos y cuál es el progreso del grupo con respecto a los logros inicialmente planeados.

El propósito de MACA-ABP es validar la ruta metodológica del Aprendizaje Basado en Problemas (brindar retroalimentación) pero no desde el punto de vista de medición de logros o resultados de aprendizaje por parte de los estudiantes. Para esto tendría que hacerse una experimentación para comparar los resultados en dos grupos aplicando evaluaciones a los estudiantes, uno donde se haya aplicado metodología ABP y el otro donde se haya desarrollado una metodología tradicional de enseñanza.

Con respecto a los resultados observados, se nota la diferencia en algunos ítems entre percepciones de estudiantes y profesores sobre la metodología ABP, lo que es de esperarse, pues estos últimos tienen un mayor bagaje y más elementos educativos para expresar sus juicios. Es aceptable que los estudiantes no tengan las conceptualizaciones suficientes para evaluar con objetividad. Sin embargo, su evaluación es valiosa, pues sirven para ampliar el rango en los análisis y para complementar las evaluaciones de los profesores.

Sobre la validación del instrumento, A. Lizarzaburu, A. Mora, y A. Sánchez plantean los siguientes criterios tomados de la investigación experimental: validez interna, validez externa, fiabilidad y objetividad, [19]. El primero pregunta por el

isomorfismo entre la información recogida y la realidad, esto es, el grado de credibilidad de los hallazgos. Por su parte, la validez externa hace referencia a la posibilidad de transferir los resultados a otros actores y contextos, mientras que la fiabilidad se refiere a la posibilidad de obtener resultados similares si se repitiera la investigación con los mismos sujetos y contextos. A su vez, el criterio de la objetividad se ocupa de garantizar que los resultados no tengan sesgos o distorsiones manifiestas. Además, si se consideran los conceptos que plantean O.E. Ku y W. J. Pool, la validez de un instrumento se cumple si los resultados obtenidos en su aplicación son significativos para las variables del problema de estudio, es decir, un instrumento es válido si mide el dominio para el cual fue diseñado [20]. Se habla también de la validez de criterio cuando los resultados de la aplicación del instrumento se comparan con un juicio externo a la prueba y que mide la misma variable [21].

4. TRABAJOS FUTUROS

El propósito es continuar aplicando la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas organizando las actividades y preparando los escenarios de acuerdo con los resultados que se obtengan con el instrumento MACA-ABP. En este sentido se aspira a vincular a otras facultades de ingeniería para aumentar la población de profesores y estudiantes cuyas respuestas sirvan de base para consolidar la validación del instrumento y para potenciar aún más la aplicación de la metodología de aprendizaje.

5. CONCLUSIONES

Acorde con los referentes conceptuales, puede decirse que MACA-ABP cumple con la validación interna, ya que los resultados de las pruebas se han comparado con las opiniones no formales y con las expectativas de los profesores en las distintas asignaturas donde se ha aplicado ABP. En general, han coincidido los resultados obtenidos en aplicación del instrumento, con las evaluaciones y circunstancias observadas en las aulas de clase y con los análisis que hacen los profesores que aplican ABP o de otros que conocen sus fundamentos. En referencia a la validación externa, esta tendría sentido si se aplicara ABP en otras disciplinas distintas a la ingeniería informática y con los mismos supuestos pedagógicos a los subyacentes en las características presentadas en las Tablas 1, 2 y 3. Sobre la fiabilidad, si se considera que el instrumento se ha aplicado en dos universidades distintas, en periodos diferentes y cada vez en grupos nuevos,

puede decirse que el instrumento cumple con ese criterio, pues las tendencias observadas en los resultados han demostrado similitudes y homogeneidades. En relación con la objetividad, es que es difícil establecer si MACA-ABP cumple o no, pues los actos educativos, los ambientes, las posturas de los actores y en general el currículo, están expuestos a complejidades y variables incontrolables y por eso, difícil de comparar.

A manera de conclusión, se puede afirmar que el instrumento para evaluación de percepciones sobre el Aprendizaje Basado en Problemas MACA-ABP, cumple con las características sobre validez, ya que no depende de las subjetividades de los estudiantes o profesores a los que se ha venido aplicando; los descriptores de las características están enfocados en la información que específicamente se requiere; hay una certeza clara de lo que se quiere medir; la redacción de los características no conduce a dobles interpretaciones y el formato es preciso. Esto se ha podido corroborar durante su aplicación. Con respecto a la validez en cuanto al criterio, los resultados de las pruebas se han comparado con las opiniones no formales y con las expectativas de los profesores en las distintas asignaturas donde se ha aplicado ABP, tanto en la Universidad de San Buenaventura como en UNISABANETA. Aunque es innegable que en esta forma la validación puede catalogarse como subjetiva o dependiente de circunstancias especiales. Pero en general, han coincidido los resultados obtenidos en aplicación del instrumento, con las evaluaciones y circunstancias observadas en las aulas de clase y con los análisis que hacen los profesores que aplican ABP o de otros que conocen sus fundamentos.

Agréguese que el instrumento MACA – ABP puede ser aplicado en otras disciplinas donde se realice Aprendizaje Basado en Problemas como estrategia de enseñanza, no es exclusivo para la ingeniería. Al tenor de las características del ABP y sus fundamentos, el instrumento está validado en cuanto a su contenido para evaluar la metodología como tal. Vale aclarar que la medición de los resultados del aprendizaje con el fin de comprobar indicadores de logro o de competencias específicas, es un proceso interno de evaluación y hace parte de la estrategia interna, ya que paralelo con las actividades de los estudiantes sus profesores deben ir registrando avances, estancamientos o retrocesos que deben abrir espacios para el diálogo, la reflexión y la calificación.

Para cerrar, se enfatiza en que las características del instrumento expuestas en las tablas 1, 2 y 3 pueden utilizarse no solo para fines de retroalimentación, ya

que puede tomarse como referencia en la planeación del Aprendizaje Basado en Problemas, cuando se vayan a especificar logros esperados relacionados integralmente con las actitudes o comportamientos del estudiante, habilidades para hacer y aplicar y contenidos que debe conocer.

REFERENCIAS

- [1] G. Iafrancesco, "Currículo y plan de estudios. Estructura y planteamiento". Bogotá, Colombia: Cooperativa Editorial Magisterio, 2004.
- [2] C. Aragón, "Pedagogía: Fundamento de la educación hacia una reconceptualización de la pedagogía", *Revista de educación y pensamiento*, no 24, pp. 27-55, 2007.
- [3] J. González, "Reflexiones iniciales sobre la concepción del diseño y desarrollo curricular en un mundo contemporáneo y complejo", *Rev.Cs.Farm. y Bioq*, Vol 4, no 1, pp.19-31, 2016.
- [4] F. Contreras, "El aprendizaje significativo y su relación con otras estrategias", *Horizonte de la Ciencia*, Vol 6, no 10, pp. 130-140, 2016.
- [5] J. Roys y A. Perez, "Estrategias de aprendizaje significativo en estudiantes de educación superior y su asociación con logros académicos", *Revista Electrónica de Investigación y Docencia (REID)*, no 19, 2018.
- [6] C. Paredes, "Aprendizaje basado en problemas (ABP): una estrategia de enseñanza de la educación ambiental, en estudiantes de un liceo municipal de Cañete", *Revista Electrónica Educare*, Vol 20, no 1, pp. 1-26, 2016.
- [7] J. Zamora y O. Morato. "Aprendizaje basado en problemas como recurso pedagógico en el cambio de la conducta sedentaria en jóvenes universitarios", *Revista chilena de salud pública*, Vol 20, no 2, pp. 113-121, 2016.
- [8] I. Hernández, J. Suarez, J. y M. Navarro, "Evaluación de las características del ABP en el programa de ingeniería de sistemas bajo la modalidad de educación a distancia", *Revista de Investigación Educativa*, no. 23, 167-189, 2016.
- [9] W. Arias y A. Oblitas, "Aprendizaje por descubrimiento vs. Aprendizaje significativo: Un experimento en el curso de historia de la psicología", *Boletín Academia Paulista de Psicología*, Vol 34, no 87, pp. 455-471, 2014.
- [10] F. Quesada. "Aproximaciones a la metodología de la ciencia. Las ciencias sociales y la contabilidad", Cuenca, Ecuador: Ediciones de la Universidad de Castilla – La Mancha, 2004.
- [11] J. E. Parra, M. J. Amariles, C.A. Castro. "Aprendizaje basado en problemas en el camino a la innovación en ingeniería", *Ingenierías USBMed*, Vol 7, no 2, pp. 96-103, 2016.
- [12] J. Alonso, "Evaluación de la Motivación en Entornos Educativos". Madrid, España: Universidad Autónoma de Madrid, 2007.
- [13] K. Puente-Palacios y T. Puente, "Validación de una escala de medición del consenso estratégico en equipos pedagógicos", *Revista de Psicología*. Vol 31, no 2, pp. 227-245, 2013.
- [14] B. Gargallo, J. Suárez-Rodríguez, y C. Pérez-Pérez, "El cuestionario CEVEAPEU. Un instrumento para la evaluación de las estrategias de aprendizaje de los estudiantes universitarios", *Relieve*, Vol 15, no 2, pp. 1- 31, 2009.
- [15] M. Cerón, "Valoración del ambiente virtual de aprendizaje de la Universidad de Nariño virtual", *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas Universidad de Nariño*, Vol 26, no 1, pp. 34-39, 2015.
- [16] J. Ramírez, "Experiencias de producción de material audiovisual sobre la gestión de la responsabilidad social en las organizaciones públicas, privadas y del tercer sector en Perú". En: *Nuevas metodologías didácticas*, J. Rodríguez, Ed., Madrid, España: ACCI, 2015, pp. 468-479),
- [17] S. Tobón, "Formación basada en competencias: pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica", Bogotá, Colombia: ECOE, 2006.
- [18] N. Núñez, O. Vigo, O., G. Palacios y M. Arnao, "formación universitaria basada en competencias: currículo, estrategias didácticas y evaluación". Chiclayo, Perú: USAT, 2014.
- [19] A. Lizarzaburu, A. Mora, y A. Sánchez, "Validez interna y externa de la investigación cualitativa", *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, no 12, pp. 1-6, 2015.
- [20] K. Pinal, "Apuntes de metodología y redacción. Guía para la elaboración de un proyecto de tesis", México DF: Publicaciones Cruz, 2006.
- [21] O.E. Ku y W. J. Pool, "Construcción y Validación de Instrumentos para la Evaluación de la Práctica Pedagógica en Educación Básica del Estado de Yucatán", *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, Vol 11, no 1, 2918.



Impacto de los Proyectos Universitarios en la Planeación Local, El Hábitat Rural y el Desarrollo Agropecuario Local del Municipio Camajuaní, Cuba

Impact of Projects in Local Planning, Rural Habitat and Local Agricultural Development of Camajuaní Municipality, Cuba

Carlos Alberto Hernández Medina, MsC

*Centro Universitario Municipal Camajuaní
Villa Clara, Cuba
cahm862@uclv.edu.cu*

Magdalys Alibet Carrasco Fuentes, MsC

*Centro Universitario Municipal Camajuaní
Villa Clara, Cuba
cahm862@uclv.edu.cu*

Alexander Báez Hernández, MsC

*Universidad Nacional de Ecuador
Quito, Ecuador
albaez@uce.edu.ec*

(Recibido el 22-11-2017, Aprobado el 27-02-2018, Publicado el 03-07-2018)

Estilo de Citación de Artículo:

C. A. Hernández, M.A. Carrasco, A. Baez, "Impacto de los proyectos universitarios en la planeación local, el hábitat rural y el desarrollo agropecuario local del municipio Camajuaní, Cuba", Lámpsakos, no. 20, pp 87-96, 2018
DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2872>

Resumen: Este trabajo explora cómo contribuyen los proyectos al fortalecimiento del Desarrollo Agropecuario Local de un municipio cubano. Se precisan los aportes de la gestión de proyectos al tejido productivo en las comunidades campesinas desde la investigación de profesores y estudiantes. Los proyectos juegan un papel importante en el fortalecimiento del tejido productivo en Camajuaní y contribuyen al Desarrollo Local en la generación de empleos, la incorporación de la mujer al trabajo agrícola, el incremento de la repoblación forestal, incorporación de nuevas variedades de bambú que pueden ser utilizadas en obras constructivas y fabricación de muebles y útiles del hogar, ampliación de infraestructuras y mejoría de las existentes, diversificación de la producción y producción de abonos naturales y materia orgánica para lograr mayor fertilidad del suelo y productos más saludables.

Palabras clave: Proyectos, Comunidades Rurales, Impactos, Desarrollo, Ambiental.

Abstract: This work explores how the projects contribute to the strengthening of the Local Agricultural Development of a Cuban municipality. The contributions of the management of projects to the productive fabric in the peasant communities are required from the research of professors and students. The projects play an important role in strengthening the productive system in Camajuaní

and contribute to Local Development for the generation of jobs, the incorporation of women in agricultural work, the increase in afforestation, the incorporation of new varieties of bamboo that can be used in construction works and manufacture of furniture and household appliances, expansion of infrastructure and improvement of existing ones, diversification of production and production of natural fertilizers and organic matter to achieve greater soil fertility and healthier products.

Keywords: Projects, Rural Communities, Impacts, Improvement, Environmental.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Los Proyectos Universitarios, dinamizadores del tejido productivo local.

El término *proyecto* suele utilizarse en contextos muy variados y con significados diversos. Así, en algunos casos se hace referencia a un proyecto como "...una idea más o menos articulada y planificada de cómo dar respuesta a un problema o necesidad" [1]. Es, por tanto, una propuesta a desarrollar posteriormente o que está ya en proceso de desarrollo.

Se entiende por proyecto, "...el plan coherente dirigido a cumplir con determinado objetivo no rutinario, que se ejecuta una sola vez y tiene una fecha de duración finita, con una fecha de inicio y otra de terminación esperada." [2]. Se puede observar de una manera más amplia como "la combinación de recursos humanos y no humanos, en una organización temporal y con propósito determinado" [3]. Koch al referirse a un proyecto plantea: "...proyectar es para mí una pasión, pero más importante es sentirse parte de un sueño, y de algo tangible de algo que tú hiciste posible." [4].

1.2. Proyectos y fortalecimiento del tejido productivo.

Los proyectos, orientados a dar respuesta a las demandas de los actores individuales y sociales de base, resultan de vital importancia para promover el desarrollo humano local. No tienen éxito si no generan procesos de participación, cooperación, implicación entre los actores y sus familiares no se involucran en la búsqueda de soluciones a los problemas en la esfera de la producción, medioambientales, que tienen que ver con la formación agroecológica y el mejoramiento de la situación económica y social de las familias campesinas del territorio [5].

La intervención mediante proyectos debe promover la movilización de los individuos que viven y laboran en los territorios rurales y formar capacidades, conocimientos y habilidades para gestar el desarrollo en cada uno de los espacios donde desenvuelven sus actividades productivas, sociales, y culturales. Todos los proyectos orientan sus acciones a una mejor combinación de los factores de la producción y otros recursos locales. Así generan nuevas formas organizacionales y de cooperación en las actividades productivas y socio-comunitarias de los miembros de las familias campesinas.

También promueve acciones relativas a actividades económicas como el suministro de insumos, promoción de nuevas formas de cooperación productiva que involucra a otros productores, pobladores y actores locales, el apoyo de diferentes instituciones y la presencia de la mujer. Tributa al objetivo de aumentar la producción por la vía de incrementar los rendimientos. Promueve así la reconstrucción de las relaciones productivas desde la base, en torno a los intereses y objetivos comunes.

Los municipios constituyen en Cuba lo que se denomina como espacio local y es allí donde radica la raíz de la estrategia de desarrollo [6]. Por ello cada municipio trabaja sus potencialidades y barreras para, en base a ello, trazar las líneas estratégicas que le permitan gestionar sus propios proyectos o incorporarles elementos locales a proyectos de origen nacional que se destinen a la localidad. Camajuaní, municipio de la provincia de Villa Clara, no está exento de esta estrategia de desarrollo.

Camajuaní cuenta con potencialidades que se analizaron para la posterior formulación de proyectos que se sustentan en ellas y que puedan contribuir al fortalecimiento del tejido productivo y todas las relaciones de cooperación que puedan surgir en dicho entramado. Entre ellas destacan: un pueblo laborioso, preparado y comprometido con el municipio; personas con un nivel de creatividad e innovación a explotar; tierras fértiles y campesinos con conocimientos y experiencia, más de 4000 productores vinculados directamente al campo; infraestructura y tradiciones de producción agropecuaria en la localidad con personal experimentado.

El objetivo general de este estudio es explorar como contribuyen los proyectos al fortalecimiento del tejido productivo del sector agrícola y al desarrollo agropecuario local del municipio Camajuaní.

2. DESARROLLO DEL ARTÍCULO

2.1. Métodos de investigación.

Para el logro del objetivo planteado en la investigación se utilizaron diversos métodos. Del nivel empírico se usó la revisión de documentos, entrevistas no estructuradas al coordinador de los proyectos en el municipio y a representantes de diversas instituciones que pudieran ofrecer información sobre la ejecución de los proyectos y estudio de casos.

Del nivel teórico se utilizó el método analítico-sintético, el lógico-histórico y el inductivo-deductivo. Los métodos y técnicas utilizados en la investigación son: revisión de documentos facilitados por instituciones comprometidas con el proceso de desarrollo local y la vida económica y productiva del territorio como: Asamblea Municipal del Poder Popular, Dirección Municipal de Economía y Planificación, Delegación Municipal de la Agricultura, Asociación Nacional de Agricultores Pequeños, Museo y Centro Universitario Municipal.

También se utilizó la entrevista no estructurada para corroborar y actualizar la información recogida a partir de los documentos estudiados. Por último se realizó el estudio de casos para constatar el papel y significado de la introducción de proyectos en el sector de la agricultura y en la actividad productiva del municipio para fortalecer el tejido productivo.

Además de los documentos mencionados con anterioridad, para profundizar en algunos aspectos se hizo necesario revisar la Ley No. 95, Ley de Cooperativas de Producción Agropecuaria, CPA, y Cooperativas de Créditos y Servicios, CCS, el Informe de Movimientos Productivos elaborado por la ANAP el 4 de junio de 2016 y el Balance de Áreas del MINAGRI. Para precisar algunos datos y conformar todo el entramado productivo fueron entrevistados funcionarios como el miembro del Buró Municipal de la ANAP, el delegado de funcionamiento y desarrollo y el director de la Granja Urbana.

Tras la revisión de documentos como el Diagnóstico de los Escenarios Municipales elaborado por la Dirección Municipal de Economía y Planificación de Camajuaní en enero del 2016, el Registro de Entidades Económicas del 2015 también elaborado por la misma entidad, el Plan de Autoabastecimiento Municipal del 2016 y otros se pudo obtener un tejido productivo local bastante acertado del municipio, haciendo énfasis en el sector agrícola.

2.2. Caracterización del municipio de Camajuaní

Municipio situado al norte de la provincia de Villa Clara, con 7 límites geográficos: al norte con el Océano Atlántico, al este con Caibarién y Remedios, al oeste con Santa Clara, Cifuentes y Encrucijada y al Sur con Santa Clara y Placetas. Tiene una extensión territorial de 612.88 km², con el 7% del territorio provincial.

La vida económica se realiza fundamentalmente en la agricultura, con el desarrollo industrial inducido por la Revolución. Las producciones fundamentales son: azúcar, tabaco, cultivos varios, cárnicos y embutidos, calzado, ron y licores, textiles, aperos agrícolas, materiales de construcción, pescado, huevos y madera.

Tiene población de 62429 habitantes, con tendencia a 0.8 % de decrecimiento en los últimos años. Igualmente sucede con la estructura rural y urbana con un aumento significativo del grado de urbanización de 59% creciendo en los últimos años más de un 10%. En edad laboral existen en el municipio 36.289 personas, de ellos, ocupados en la

actividad estatal 11.801 y en la no estatal 10.728. 13.461 personas se ocupan en la economía informal y hay 299 desocupados.

Los sectores que más empleos generan son: educación, agricultura, industria alimenticia y salud. Con el redimensionamiento de la política económica hubo una apertura al trabajo por cuenta propia con 1 868 cuentapropistas inscriptos que, en su mayoría, se dedican a la producción de alimentos y elaboración de calzado.

La población se concentra en 46 asentamientos donde reside el 88% y 12% está disperso en 9 Consejos Populares y 126 Circunscripciones. De los 9 Consejos Populares son urbanos, Camajuaní I y II, Vueltas, La Quinta y Vega Alta.

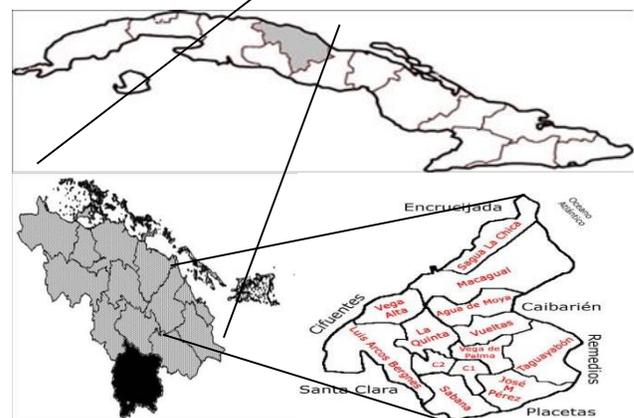


Fig. 1. Mapa de Cuba, con la provincia Villa Clara, municipio Camajuaní, límites y Consejos Populares.

2.3. Tejido Productivo Local.

El tejido productivo del municipio se sustenta en una infraestructura física caracterizada por importantes recursos hidráulicos como el río Camajuaní que atraviesa el territorio de Sur a Norte, como afluente del Sagua la Chica, con importante caudal y la presa La Quinta con 32 millones de m³ de agua. Tiene 35 embalses con capacidad de 0.9 millones de m³ de agua.

El municipio se estructura en 9 Consejos Populares, 3 Urbanos y 6 rurales y su principal renglón económico es la agricultura basada en 6 objetivos productivos: Cultivos Varios, Horticultura, Tabaco, Caña de Azúcar, Arroz y Ganadería, ya que cuenta con suelos fértiles y profundos.

Se cuenta con un área agrícola de 49.456,86 ha, que representa el 82.0% del territorio, con el 66.4% de superficie cultivada. De ella el 31.0% es de caña de azúcar y el 35,4% de otros cultivos. Solo el 6,4% de la superficie agrícola está declarada como tierra

ociosa. Hay entre tierras ociosas y deficientemente explotadas un total de 2018.869 ha de las cuales están en proceso de entrega 139.22 ha que se destinarán a 6 líneas fundamentales de producción: cultivos varios, tabaco, frutales, arroz, ganadería y ganado menor. Existe un área bajo riego de 46.301,35 ha.

La Granja Urbana implementó 29 subprogramas agropecuarios con el objetivo de lograr la aplicación de la ciencia y la técnica. Entre sus producciones principales están las hortalizas y uva que cuentan con 6 organopónicos, 2 huertos intensivos, 2 fincas de frutales y una finca de semillas. Hasta la fecha tienen producido entre viandas y hortalizas 136 toneladas por año que se destinan al consumo social, a organismos priorizados y para la venta directa a la población.

El Centro de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos fabrica biopreparados de origen microbiano para control de plagas y enfermedades agrícolas en cultivos de arroz, maíz, boniato, tabaco, plátano, leguminosas, gramíneas y hortalizas. Produce 80 kg./mes. de *Beauveria bassiana* y 385 kg./mes. de *Bacillus thuringiensis* con potencial productivo de 1 tonelada mensual.

La Granja Estatal Batalla de Santa Clara cuenta con una superficie agrícola de 834.46 ha. y no agrícola de 60.92 ha. La Granja Pecuaria Luís Arcos de Vueltas se dedica a la ceba de toros con una superficie agrícola de 2935.70 ha., dedicadas a pastos y forrajes 491.84 y ociosas 804.40 ha.

El establecimiento de Tabaco "La Estrella" cuenta con una dependencia de cultivos varios que dedica sus producciones al autoconsumo en comedores. Además cuenta con 9 escogidas a donde se destina el tabaco comprado para ser beneficiado. Este establecimiento compra las producciones de los campesinos en su totalidad y es encargado de suministrarle todo lo necesario para su cosecha con calidad. El 49% del tabaco que se compra es para la exportación.

El sector cooperativo y campesino es el de mayor peso en la agricultura del municipio. Cuenta con 45 organizaciones de base: 13 CPA y 32 CCS. Estas agrupan a 4875 socios de los que 4385 son hombres y 490 mujeres. Las cooperativas cuentan con 7631.95 ha en CPA y 22 870.24 ha en CCS, para un total de 29 870.24 ha de tierras.

2.4. Papel de los proyectos en el fortalecimiento del tejido productivo agrícola de Camajuaní.

En el municipio se están llevando a cabo por parte de la ANAP (Asociación Nacional de Agricultores Pequeños), CUM (centros universitarios municipales) y ACTAF (Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales) los siguientes proyectos:

- Fomento de la producción de Palma Real para la reforestación en la CCS-F (Cooperativa de Créditos y Servicios Fortalecida) "Arnaldo Arteaga".
- Proyecto Post-Cosecha: "Fabricación de Silos Metálicos" en la CCS-F "Fidel Claro".
- Proyecto "Bambú" CCS-F "Fidel Claro".
- Promoción de la equidad de género en el sector cooperativo y campesino del municipio Camajuaní, en un marco de avance hacia la soberanía alimentaria.
- Disminución de las emisiones de metano a la atmósfera mediante el uso de biodigestores tubulares de polietileno en el manejo de estiércol de ganado porcino (13 productores y 2 mujeres)
- Introducción de las fuentes renovables de energía en la comunidad "Las Lechugas".
- Movimiento Agroecológico Campesino a Campesino.

La ACTAF y el CUM llevan a cabo los proyectos:

- Fortalecimiento del Sistema de Extensión Agraria para la Agricultura Urbana de Villa Clara.
- Proyecto de Capacitación de los Técnicos de Base.

La ACPA (Asociación Cubana de Producción Animal) no tiene proyectos con financiamiento en Camajuaní. El MINAGRIC (Ministerio de la Agricultura de Cuba) no desarrolla ningún proyecto de Iniciativa de Desarrollo Local endógeno del municipio y que sea sustentado con los recursos internos sin buscar financiamiento de organizaciones en el exterior.

2.4.1 Proyecto # 1: Fomento de la producción de Palma Real para la reforestación:

En la CCS Arnaldo Arteaga de La Sabana existe experiencia y tradición en cultivo y propagación de la palma real que diversifica las opciones para poblar grandes áreas deforestadas.

El proyecto pretende crear condiciones para la producción de la palma real, rescatando una planta endémica de la zona que se empleará fundamentalmente en la reforestación.

Contribuye a la repoblación forestal mediante la siembra y propagación de la palma real con beneficios como aprovechar sus frutos para alimento animal y usar hojas y tallos para diversas construcciones, lográndose plantar más de 5000 palmas. Se creó nueva infraestructura de viveros que generan nuevos empleos y aportan rendimiento económico a la CCS por venta de posturas a otras cooperativas, fortaleciendo la actividad económica en las organizaciones de base.

Aumenta la presencia de la mujer en el sector agrícola al abrir 3 empleos destinados a mujeres. Adquiere un tractor que reporta beneficios para la cooperativa y el poblado como medio de transporte. Se aplican técnicas agroecológicas para cultivar la palma real, ahorra fertilizantes y productos químicos, mejora el medio ambiente y protege la salud humana, aprovecha los desechos de cosechas y abonos naturales que mantienen en equilibrio el ecosistema y garantizan una agricultura ecológica. Introduce nuevas técnicas para la producción de la palma real y diversifica la producción intercalando con la palma real otros cultivos como el plátano.

Se fortalece el capital humano a través de capacitación a nuevos productores y a las mujeres aportando nuevos conocimientos sobre el cultivo de la palma real y las prácticas agroecológicas. También se logra incorporar instituciones como las escuelas donde crearon dos círculos de interés para la enseñanza primaria.

2.4.2 Proyecto # 2: Fabricación de Silos Metálicos en la CCS Fidel Claro.

Se inició en diciembre de 2008 con el objetivo de elevar la conservación de granos básicos, elevar el nivel de vida de productores y familiares y ayudar a la seguridad alimentaria. Financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo (COSUDE) que aportó parte considerable del financiamiento en moneda libremente convertible y la ANAP que aportó, por la parte cubana, en moneda nacional.

La pérdida de granos con la utilización de métodos tradicionales de conservación era, según series históricas, 30% a 50% en maíz, 20 a 25% en frijol, 20% en arroz, y 50% y más en sorgo. Eso demuestra la relevancia de esta nueva tecnología y el crecimiento del suministro de estos productos en el mercado interno.

El Proyecto está vigente solo en la cooperativa objeto de estudio. Cuenta con un productor de silos, iniciador del proyecto que posee muchos conocimientos sobre la fabricación, uso, manejo y conservación de los silos, lo cual le ha permitido capacitar a diferentes productores en el país.

Al cierre del año 2015 tenía una producción acumulada de 1412 silos lo que representa un ahorro en pérdidas de cosechas de 39.110,4 qq. Las capacidades de los silos se proyectan a las necesidades del comprador, Tabla 1.

Tabla1. Cantidad qq. Vs Precios

Cantidad qq.	Precio
1	\$116,83
2	\$163.18
4	\$339,36
8	\$290.00
12	\$370.00
18	\$522.68
30	\$800.00

La fabricación de silos metálicos creó una nueva fuente de empleo e ingresos a la cooperativa y beneficia directamente a los familiares de los productores. Brinda a la cooperativa una fuente de ingreso adicional, con la venta de los silos y venta de las producciones marginales o secundarias que puedan generarse de los residuos de su fabricación como cubos, regaderas, recogedores y otros utensilios demandados por la comunidad.

Los silos ayudan a aprovechar el espacio, mejoran las condiciones higiénicas en la vivienda del productor y otros locales cercanos a su finca y hacen más agradable y sana la vida familiar. Ayudan a las mujeres que deben manipular sistemáticamente los granos al preparar los alimentos para la familia y la cría y engorde de animales de corral. Con la utilización de los silos se preserva el 100% de los granos con buena calidad, garantizando seguridad alimentaria sin usar productos químicos.

2.4.3 Proyecto # 3: Reforestación con bambú, alternativa ecológica en la producción sostenible de materiales de construcción y viviendas, en la CCS Fidel Claro:

Desde Julio de 2012 se ejecutó financiado por COSUDE con el objetivo de crear la base para desarrollar una economía local del bambú en condiciones cubanas, que resulte atractiva como forma de desarrollo para comunidades rurales y pudiera ser replicada en Cuba y Latinoamérica.

Las líneas principales del proyecto son: (a) propagar y sembrar varias especies de bambú que se adapten a las condiciones cubanas, (b) implementar formas de procesamiento y empleo del bambú en producción de artículos de artesanías y madera prensada, y (c) producir materiales de construcción y construir viviendas usando bambú.

Se concretó la introducción de una nueva variedad de bambú para repoblación forestal en las riberas de ríos donde tiene funciones de conservación de suelos y mitigación de desastres. Su cultivo es rentable a corto plazo y han construido viveros de posturas para garantizar continua reforestación. Hasta el momento se construyó el taller y hay materia prima y maquinarias para producir muebles, útiles del hogar y elementos decorativos de gran demanda, con mercados seguros.

El proyecto genera a la CCS una fuente de ingreso adicional y es una contribución económica a nivel macro, pues genera nuevos empleos. Trabajan 3 hombres y 8 mujeres con un enfoque de género, se rescatan oficios como carpintería, artesanía y trabajo agrícola y desarrolla talentos locales.

Aunque el proyecto trabaja con la línea fundamental del bambú, en el taller se dan servicios de aserrado de madera y produce posturas de frutales y forestales para el desarrollo agrícola de la localidad.

2.4.4 Proyecto # 4: Promoción de equidad de género en sector cooperativo-campesino del municipio Camajuaní:

Se desarrolla en cinco cooperativas: CCS Benito Ramírez, Juan Verdecia y Miguel A. Acevedo y CPA Niceto Pérez y Juan Bautista Montes de Oca. Tiene el objetivo de aplicar medidas que favorezcan la equidad en las relaciones de género en el sector campesino, en un marco de avance hacia la soberanía alimentaria y mejora de las condiciones de vida. Generó nuevos empleos en mayoría para mujeres y, en algunos casos, ubica hombres y mujeres en trabajos no tradicionales. Realiza acciones formativas técnicas, gerenciales y de empoderamiento para mujeres, formación y concientización en equidad de género para cooperativistas, campesinos y jefes de cooperativas y capacitación técnica agropecuaria.

Dotó a las cooperativas de infraestructura y equipo para producción agroecológica. Creó instalaciones que alivian el trabajo doméstico a la mujer y generan empleo como casa para el cuidado de niños por vías no formales y lavandería. Logró diversificar la producción de alimentos en las cooperativas,

especialmente frutas, vegetales y alimentos en conservas y proteicos con el objetivo de procesar frutas, hortalizas y condimentos y su conservación por métodos artesanales.

Minimizó los picos de cosecha, aumentando el volumen y disponibilidad de alimentos todo el año y diversificando las opciones de cocina doméstica para la familia. Ello propicia mejor nutrición y beneficio económico a los cooperativistas.

Logró eficiencia y rentabilidad de la actividad agropecuaria con soluciones sostenibles y adaptables ante las condiciones actuales y tendencias futuras, con mayor producción de carne, leche y huevos a partir de la infraestructura que creó en cada cooperativa.

- *CCS Benito Ramírez*: El nuevo centro de elaboración de alimentos asegura disponibilidad y diversidad de frutas, vegetales, hortalizas y condimentos todo el año a partir de frutas y vegetales que se pierden en picos de cosecha (30 qq. anuales). Con la reforestación y mejoramiento de condiciones de trabajo rural incrementa los rendimientos, diversifica la producción y crean conservas de puré y pasta de tomate, mermeladas, encurtidos, vinagre, jugos y siropes.
- *CCS Juan Verdecia*: Además de tabaco, tiene producciones estables de viandas y hortalizas que pueden duplicarse con la mejora de la infraestructura productiva alcanzada con el proyecto.
- *CCS Miguel A. Acevedo*: Las acciones concebidas permiten duplicar y diversificar los cultivos, con el montaje de la casa de posturas, la cual proporciona ganancias con la venta de semillas.
- *CPA Niceto Pérez*: Se prevé instalar la corriente eléctrica para incrementar el área bajo riego en 13.42 ha. Ello traerá consigo el incremento de los rendimientos de los cultivos y su diversificación.
- *CPA Juan Bautista Montes de Oca*: Construyó nuevas instalaciones para animales, reparó la vaquería e incrementó 3 ha. de pastos para triplicar la producción de leche y carne. Introdujo la producción de leche de cabra y huevos.

2.4.5 Proyecto # 5: Disminución de emisiones de metano con uso de biodigestores en manejo de estiércol porcino:

Invirtió 33.528,00 CUC (Peso Cubano Convertible) del PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), PPD (Programa de Pequeñas Donaciones) y FMAM (Fondo para el Medio

Ambiente Mundial) y CUP (Peso Cubano) \$13.411,00, destinados a 15 actores, 13 hombres y 2 mujeres. Es demostrativo para disminuir emisiones de metano y óxido nitroso con introducción de digestores tubulares de polietileno en tratamiento anaeróbico de excretas de cerdos en 9 fincas y 3 áreas de cooperativas, en el frágil ecosistema costero norte de Villa Clara. Instaló recursos y creó capacidades que mejoran la calidad de vida campesina.

Jorge Valeriano, con 10 cerdos, Omar Martínez con 20, José A. Martín con 30 cerdos, Pablo Martín con 100 y María del Carmen Carvajal con 120, suman 280 cerdos que son el 38% de los involucrados a nivel local.

Logran reducir en 413,71 kg. la emisión de metano a la atmósfera en la cooperativa. Utilizan el metano del biodigestor como fuente de energía alternativa para cocer alimentos y alumbrado y reducen el uso de leña para cocinar. Mejora la salud familiar al reducir los gases tóxicos de la combustión incompleta de leña. Fertilizan el suelo con efluentes de la digestión anaeróbica lo que benefició 120 ha., sembradas con viandas, hortalizas, granos y frutales. Empoderan a campesinos y campesinas con nuevas tecnologías y conocimientos a través de la capacitación para construir, manejar y operar la tecnología de biodigestores, el uso integral del gas y los efluentes.

Reducen la emisión de metano y óxido nitroso del manejo de estiércol porcino líquido que superaban 1000 kg./año. Al bajar el consumo de leña redujeron la deforestación y conservan la biomasa boscosa. La tecnología produce biofertilizante rico en nitrógeno, fósforo y potasio capaz de competir con fertilizantes químicos, caros y que afectan al medio ambiente.

2.4.6 Proyecto # 6: Introducción de fuentes renovables de energía en comunidad Las Lechugas de CCS Fidel Claro:

Financiado por el PNUD, PPD y FMAM que donó 46.109,00 CUC, con \$13.872,00 en moneda nacional. Introdujo el uso de fuentes alternativas de generar energía fotovoltaica como fuente renovable para electrificar el poblado y el bombeo eólico de agua. Trabaja la reforestación con especies forestales y frutales y el control de plantas invasoras. Disminuye el uso de combustibles fósiles y leña al introducir cocinas ahorradoras que mejoran la calidad de vida de la familia evitando la exposición a gases contaminantes.

Frena la deforestación y destrucción del hábitat natural de muchas especies. Contribuye a restaurar y conservar la biodiversidad en su entorno a través del fomento de especies forestales y frutales al fomentar un vivero comunitario con capacidad de 10.000 posturas anuales para la reforestación.

Beneficia a campesinos de la cooperativa y de la CCS José Martí. Instaló paneles solares para electrificación. El sistema de bombeo de agua tiene mangueras, tanques y paneles solares comprados por el proyecto. Construyó un vivero, adjunto al taller de bambú, con sistema de bombeo para regar las posturas. Aumenta la productividad y uso racional de los recursos naturales con un programa de capacitación comunitaria en educación ambiental, empleo de nuevas tecnologías de celdas fotovoltaicas y cocinas eficientes y prácticas de agricultura ecológica.

2.4.7 Proyecto # 7: Movimiento Agroecológico Campesino a Campesino:

Ha sido dirigido por la ANAP como organización líder del campesinado. Se orienta a promover prácticas agroecológicas en los sistemas agrarios, no solo de cultivo, sino también en la ganadería, reforestación y conservación de los ecosistemas agrícolas.

Surgió en la provincia de Villa Clara en 1997, auspiciado por la organización no gubernamental Pan para el Mundo y su objetivo como movimiento agroecológico es rehabilitar más del 50% de las tierras cultivadas y que más del 50% de los campesinos en cooperativas involucradas sean promotores.

Camajuaní fue desde el inicio abanderado de este movimiento agroecológico y del proyecto que cambió la forma de pensar de los campesinos. Actualmente el municipio tiene 48 facilitadores, 40 hombres y 8 mujeres y 95 promotores, 87 hombres y 8 mujeres. Se pretende que cada campesino del municipio sea promotor de las prácticas agroecológicas.

Se fabrica abono orgánico o compost mediante 150 lombriculturas que alcanzaron una producción acumulada hasta marzo de 2016 de 1046 t. de humus. 3643 productores de materia orgánica tienen una producción acumulada de 9156 t. Se han categorizado 64 fincas en: Categoría 1 Iniciando el camino agroecológico (37), Categoría 2 Finca en transformación agroecológica (27) y Categoría 3: Finca agroecológica (1).

Se diversifica y aumenta la producción por la vía de incrementar rendimientos con menor uso de agroquímicos. El campesino se apodera de nuevas formas de producción aprovechando los recursos de su finca y optando por producciones ecológicas para lograr una agricultura sana, con mayor interacción entre cooperativas y fortalecimiento de relaciones entre cooperativistas pues la esencia del proyecto es que el campesino promueva esas prácticas y las trasmite a otros cooperativistas y a las nuevas generaciones.

2.4.8 Proyecto # 8: Fortalecimiento del Sistema de Extensión Agraria para la Agricultura Urbana de Villa Clara.

Financiado por ACDI Canadá que aportó \$95.000 y la ACTAF \$177.507,00 con el objetivo de contribuir al desarrollo de modelos socioeconómicos sostenibles para producciones urbanas con participación local y manejo racional del medio ambiente. Tiene como esferas de interés prioritarias un ambiente institucional facilitador, el desarrollo económico local, la oferta de servicios públicos comunitarios y la sostenibilidad ambiental a nivel de la comunidad. Contribuye al desarrollo del movimiento de Agricultura Urbana en el municipio a través del fortalecimiento del Sistema de Extensión Agraria y la adopción de prácticas agrícolas sostenibles y respetuosas del medio ambiente. Creó una Red de información científico-técnica que facilita conocimiento a extensionistas, técnicos y productores.

Dotó a decisores, productores y técnicos de capacidad de gestión del conocimiento necesario para lograr producciones eficientes, prevenir riesgos provocados por desastres naturales y lograr equidad de género. Fueron reconocidos y estimulados los mejores ocho productores y productoras que integran las prácticas agroecológicas complementando sus módulos de producción. Aumentó la capacidad tecnológica y creó una mejor infraestructura local.

2.5. Situación de los proyectos en la CCS “Fidel Claro”.

Como se puede observar la cooperativa objeto del estudio de caso se desarrolla sobre bases económicas y productivas fuertes. Es capaz de enfrentar cualquier reto que signifique beneficios para ella y sus cooperativistas, que tienen disposición y voluntad de enfrentar esos retos junto al aparato administrativo de la CCS que está inmersa en cuatro proyectos del movimiento agroecológico.

En el movimiento agroecológico la cooperativa cuenta hoy con diez promotores todos hombres, dos facilitadores, una mujer y un hombre, seis lombriculturas para la producción de humus de lombriz y diez fincas categorizadas como Fincas en Transformación Agroecológica (categoría 2) que representan el 37% de las fincas en esa categoría del municipio.

- El Proyecto Post-Cosecha: “Fabricación de Silos Metálicos” está vigente solo en la cooperativa. Cuenta con un productor de silos, el cual fue iniciador del proyecto y posee muchos conocimientos sobre la fabricación, uso, manejo y conservación de los silos, lo cual le ha permitido ofrecer capacitación a diferentes productores en el país. Al cierre del año 2017 cuenta con una producción acumulada de 412 silos lo que representa un ahorro en pérdidas de cosechas de 9110.4 qq.
- El Proyecto “Bambú” está siendo aplicado solamente en esta cooperativa del municipio. Cuenta con un taller instalado que tiene toda la maquinaria e implementos de trabajo necesarios para la producción, pero aún no cuenta con la licencia de comercialización para la venta de sus producciones. Además cuenta con un vivero que tampoco ha empezado a producir pero se espera la producción de posturas de frutales y maderables para la reforestación, la venta a la población y como futura fuente de materia prima.
- El Proyecto “Disminución de las emisiones de metano a la atmósfera mediante el uso de biodigestores” incluye a cinco productores de la CCS los cuales están interesados en la instalación de los biodigestores y el disfrute de sus beneficios. Estos son Jorge Valeriano que cuenta con 10 cerdos, Omar Martínez que tiene 20, José A. Martín con 30 cerdos, Pablo Martín con 100 y María del Carmen Carvajal que cuenta con 120 cerdos, para sumar un total de 280 cerdos que representan el 38% de los involucrados a nivel municipal. Logran reducir con la instalación de los biodigestores en 413.71 kg. las emisiones de metano a la atmósfera en la cooperativa.
- El Proyecto “Introducción de las fuentes renovables de energía en la comunidad “Las Lechugas”, beneficia a campesinos asociados a la cooperativa y también a los de la CCS José Martí. Cuenta con la instalación de los paneles solares para su electrificación beneficio del cual actualmente ya gozan. El sistema de bombeo de agua no se ha terminado aún pero los materiales

están comprados disponibles como son las mangueras, los tanques y los paneles solares. También se espera la construcción de un vivero que será una dependencia del creado en el taller de bambú pero este no puede ser materializado hasta tanto no se termine la instalación del sistema de bombeo para así lograr un correcto riego de las posturas a sembrar.

2.6. Principales problemas de sostenibilidad de los proyectos agropecuarios en Camajuani.

Se enuncian los siguientes problemas:

- **Sociales y culturales:** Se ajusta el movimiento agroecológico y el proyecto de los biodigestores pues no existe suficiente cultura medioambiental ni conocimientos acerca de la agricultura sostenible por lo que en ocasiones se hace muy difícil promover prácticas agroecológicas para la producción de cultivos y el funcionamiento de una finca. Hay campesinos arraigados a la agricultura convencional que no consideran cambiar su forma de producir.
- **Económicos:** La dificultad inicial era que las cooperativas no tenían cuenta en divisas para poder comprar materiales y recursos productivos que garantizaran la sostenibilidad de los proyectos. Por ejemplo; el proyecto de fabricación de silos hace algún tiempo estuvo casi a punto de desaparecer pues terminó el financiamiento y no se contaba con la divisa para poder comprar las planchas de zinc hasta que AZCUBA se interesó por el mismo y decidió ser el proveedor de la materia prima pues esta entidad tiene acceso a una cuenta en divisa.

El otro proyecto afectado es el taller de fabricación de útiles y muebles de bambú, en la adquisición de piezas de repuesto.

El Proyecto Las Lechugas es una obra social con enfoque medioambientalista pero depende de los pobladores de la zona que sea sostenible en el tiempo, mediante el manejo y cuidado adecuado de los recursos a su disposición y con la concientización de todo el poblado al cuidado de la flora y fauna en la zona que está afectada por la tala indiscriminada.

2.7. Beneficios de los proyectos de desarrollo agropecuario local

Los proyectos inciden positivamente en la situación de las cooperativas e irradian positivamente en la estructura productiva del municipio. En las cooperativas se pueden generar empleos con

incorporación de la mujer en actividades agrícolas como el trabajo en los viveros, composteado, lombricultura, conservación de alimentos y dirección de procesos. Otra fuente de empleo es el taller de bambú que además del vivero tiene otras actividades como la fabricación de artesanías, el aserrado y la producción de muebles que requieren de mano de obra.

El taller de bambú genera desarrollo a la localidad y municipio. Tiene amplia perspectiva de comercialización de sus productos en cadenas mayoristas y minoristas y creación de una sala expositiva para atraer a turistas y futuros clientes hacia sus productos. Esto genera un remanente en divisas y da paso a un cambio en el aparato económico y financiero de la cooperativa, logrando tener una cuenta bancaria en divisas.

Otro factor que se evidencia positivamente es la diversificación de las producciones pues los promotores de prácticas agroecológicas cuentan con fincas con producciones variadas, patios de referencia nacional con una gama de frutales, plantas medicinales y ornamentales. Ello contribuye a la repoblación forestal y al cuidado de la flora y la fauna, creación de insumos productivos como abono orgánico para fertilizar los suelos y piensos para la alimentación de los animales.

Se reportan beneficios económicos con la fabricación de silos pues representa una fuente de ingresos para la cooperativa y el país. Se ahorra por salvar producciones pues el silo constituye un envase seguro y ecológico para las producciones conservando el 100% de los granos que sean almacenados.

Es una inversión duradera que reporta beneficios y es más factible su compra que la de otros medios de almacenamiento como sacos que escasean, no tienen durabilidad y las plagas y animales pueden atacar los productos con mayor facilidad. También reportan beneficio a la salud humana con un control de vectores y plagas que atraen enfermedades perjudiciales a las personas.

Otros beneficios a la salud humana los reportan la instalación de biodigestores que logran disminución de más del 95% de las emisiones de metano al medio. Sustituyen la cocina de leña por una cocina más eficiente que trabaja con gas del biodigestor, con disminución de enfermedades respiratorias agudas. Se reportan beneficios al medio ambiente con la utilización de técnicas agroecológicas, mediante acciones de repoblación forestal de agentes contaminantes.

Estas cooperativas son ejemplo de cómo los proyectos son promotores del desarrollo y contribuyen al fortalecimiento del tejido productivo agrícola a través de acciones como la creación de nuevas infraestructuras, generación de empleos con enfoque de género, generación de fuentes de ingresos, fabricación artesanal de piensos e insumos y repoblación forestal.

Se aumentan los resultados productivos por la vía del incremento de los rendimientos con menor uso de agroquímicos. Se fomenta la conservación de semillas en la localidad, uso de fuentes de energía alternativas como la solar y el biogás y diversificación de las producciones introduciendo nuevos productos como puré de tomate y ají, pulpas y jugos de frutas, dulces secos y en alímbares, vinagres, vinos, condimentos y conservas.

3. TRABAJOS FUTUROS

Este estudio generó una nueva línea de trabajo que dio lugar a un Proyecto de Investigación propuesto al Ministerio de Educación Superior para modelar las funciones y roles de cada uno de los actores locales en función del Desarrollo Agropecuario Local en un Municipio Cubano.

Este Proyecto tributará al trabajo de Tesis Doctoral en Ciencias de la Educación del primer autor, profesor del CUM Camajuaní, a realizarse con la colaboración del Centro de Estudios de Educación Superior de la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.

4. CONCLUSIONES

- Los proyectos actúan como dinamizadores del tejido productivo local y facilitan acciones de cooperación entre los actores locales.
- El sector agrícola está estructurado en formas de propiedad social, cooperativa y privada donde el sector cooperativo y campesino es el principal productor aportando más del 95% de la producción.
- Los proyectos contribuyen al fortalecimiento del tejido productivo agrícola de Camajuaní en aspectos tecnológicos, técnicos, productivos, organizacionales, sociales, medioambientales y otros.
- La consolidación del tejido productivo tiene como soporte de funcionamiento el entramado institucional que tiene gran importancia en la promoción del desarrollo económico local.

- Los proyectos también contribuyen al Desarrollo Agropecuario Local con la generación de empleos, el cuidado del medio ambiente, la incorporación de la mujer al trabajo agrícola e incrementando la repoblación forestal.

AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocen las contribuciones del MSc. Israel Alonso Díaz, Especialista Municipal del CITMA en Camajuaní, de la socióloga Annia Martínez Massip y de los Funcionarios del Gobierno local, la Delegación de la Agricultura, la ANAP, la ACTAF, los directivos de las Cooperativas campesinas y los profesores y estudiantes del CUM Camajuaní en la realización del trabajo y por sus criterios técnicos y apoyo en la elaboración de este artículo. Agradecen a la MSc. Loyda Espinosa la ayuda en la fijación de los criterios lingüísticos y en la elaboración de ejemplos de referencias.

REFERENCIAS

- [1] C. Hernández, (2010) "Utilización del trabajo por proyectos para incentivar la Innovación Tecnológica en los estudiantes universitarios." *HEKADEMUS*. Vol. 3. No. 8. Abril.
- [2] M. Lloret, E. Méndez, (2007) Planificación del desarrollo territorial y local en Cuba. UCLV. Cuba.
- [3] R. Flores, D. Figueras, (2011) Papel de la gestión de proyectos en el fortalecimiento del tejido productivo agrícola de Camajuaní. Trabajo de diploma. Fac. C. Econ. UCLV. Santa Clara. Cuba.
- [4] J. Koch, (2006) "Manual del Empresario Exitoso". EUMED. Edición electrónica, disponible en: <http://www.eumed.net/libros/2006c/210/>
- [5] L. Fajardo, D. Figueras, Y. Roque, (2008), Algunas consideraciones sobre el trabajo por proyectos y el desarrollo humano local en espacios rurales. UCLV. Santa Clara. Villa Clara. Cuba.
- [6] C. Hernández, S. Figueras, y L. Fajardo, (2013). Proyectos y tejido productivo agrícola e industrial de un municipio. Caso de estudio del municipio cubano de Camajuaní. Leipzig. Alemania: Ed. LAP LAMBERT Academic Publishing. ISBN 978-3-8473-6635-5. 200 pp. http://www.amazon.com/Proyectos-productivo-agr%C3%ADcola-industrial-municipio/dp/3847366351/ref=sr_1_8?s=books&ie=UTF8&qid=1336681228&sr=1-8

GUÍA PARA AUTORES

Tipología de artículos para la revista

Cada uno de los artículos de la revista es evaluado por pares académicos con reconocida experiencia en el área a la cual pertenece el artículo enviado para su consideración en publicación. Los autores pueden presentar para publicación las siguientes tipologías, definidas por los organismos de indexación de las revistas científicas para reconocer la calidad de la publicación.

La revista otorga prelación para la publicación de artículos de tipo 1, 2 y 3.

1. Artículo de investigación científica y tecnológica. Documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de proyectos terminados de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro apartes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.
2. Artículo de reflexión. Documento que presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.
3. Artículo de revisión. Documento resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias.

Otro tipo de artículos pueden ser considerados para publicación en la revista, dependiendo de su originalidad y aporte al conocimiento, según lo considere el comité científico, el comité editorial y el comité de árbitros de cada número. Entre ellos se cuentan:

4. Artículo Corto. Documento breve que presenta resultados originales preliminares o parciales de una investigación científica o tecnológica, que por lo general requieren de una pronta difusión.
5. Reporte de caso. Documento que presenta los resultados de un estudio sobre una situación particular con el fin de dar a conocer las

experiencias técnicas y metodológicas consideradas en un caso específico. Incluye una revisión sistemática comentada de la literatura sobre casos análogos.

6. Revisión de tema. Documento resultado de la revisión crítica de la literatura sobre un tema en particular.
7. Cartas al editor. Posiciones críticas, analíticas o interpretativas sobre los documentos publicados en la revista que, a juicio del Comité Editorial, constituyen un aporte importante a la discusión del tema por parte de la comunidad científica de referencia.
8. Editorial. Documento escrito por el editor, un miembro del comité editorial o un investigador invitado, sobre orientaciones en el dominio temático de la revista.

Envío de manuscritos

Los autores deberán remitir los manuscritos de los artículos a través de la plataforma de la revista, a la cual se puede acceder a través de la dirección web <http://www.funlam.edu.co/lampsakos>. El proceso de publicación es gratuito y no tiene costo alguno para el autor.

Los autores deben diligenciar y enviar junto con el artículo, las cartas de sesión de derechos patrimoniales y de presentación del artículo, firmadas por cada uno de los autores. El formato de estas cartas puede ser descargado de la página web de la revista. En la carta de presentación del artículo se indica la tipología del mismo, según los organismos de indexación y los datos de cada autor, requeridos por los mismos organismos de indexación. Es importante que el autor cuente con un código ORCID.

Llenando estos datos el autor acepta que estos serán usados únicamente para el registro en los sistemas de indexación, organismos que a su vez deben velar por la protección de datos personales, tal como lo cumple la Universidad Católica Luis Amigo y la revista Lámpsakos, y que estos datos nunca serán entregados a terceros para fines ajenos a los procesos editoriales que competen a la publicación de su artículo.

El primer proceso luego de recibir el artículo, es validar que no tenga similitud con otras publicaciones, y en caso de cumplir con la originalidad requerida luego se verifican aspectos de forma. Los aspectos de forma deben seguir las normas básicas que la revista establece a la hora de redactar el informe o trabajo, en aspectos esenciales como los titulares, el tamaño de los párrafos, las citas bibliográficas, las nomenclaturas, la proporción de Tablas y Figuras, la presentación de los resultados o las citas bibliográficas. Se solicita a los autores que se ajusten a la normativa IEEE y tomen como referencia la plantilla guía, que se puede descargar de la página web de la revista, con los siguientes requerimientos mínimos:

Utilizar plantilla oficial de la revista.

Los artículos deben ser presentados en formato IEEE, cuartillas tamaño carta (21.59 cm × 27.94 cm) y márgenes de 2 cm en cada lado, en doble columna doble y espacio entre columnas de 1 cm, acorde a la plantilla oficial que puede ser descargada desde la página de la revista. Los manuscritos pueden ser presentados en español o inglés.

Máxima extensión del artículo.

Ocho páginas usando el formato oficial de la revista, en formato IEEE.

Formato de párrafos

Letra Arial, tamaño 10, interlineado sencillo.

Resumen.

Debe presentarse en español e inglés (Abstract). En cada idioma no debe exceder de 200 palabras.

Palabras clave

Incluir hasta máximo 5 palabras clave en orden alfabético, con su equivalencia en inglés.

Numeración de títulos y encabezados.

En listas multiniveles con números arábigos hasta el subnivel 3.

Cuerpo del manuscrito.

Incluir introducción, metodología y desarrollo evidenciando el aporte al área de ingeniería, conclusiones y trabajos futuros.

Citaciones y referencias.

Numeración bibliográfica según formato IEEE. Todas las citas en el manuscrito deben estar anotadas en las REFERENCIAS; en consecuencia, no deben existir REFERENCIAS

aisladas que no estén citadas dentro del cuerpo del manuscrito.

Es necesario poner especial cuidado en la organización y la estructura del trabajo, el estilo de redacción, la presentación de los resultados en Tablas y Figuras, y en la correspondencia entre las referencias citadas y las enumeradas al final del trabajo. Además, conviene no olvidar el ajuste del lenguaje a un entorno internacional, propio de la comunidad científica y profesional, más allá de los modismos propios del país o del área en la que se produzca el artículo.

Análisis de similitud con otras publicaciones

Con el propósito de identificar si los artículos son originales e inéditos y de evitar posibles copias y plagios, se utiliza tecnología profesional para comparar los manuscritos con otros ya divulgados por distintos medios digitales, incluso, con las publicaciones académicas participantes de Crossref. A partir del análisis del reporte se identifican errores en el manejo de las citas y referencias, adecuado uso de las fuentes primarias y credibilidad de la información. Si el análisis arroja un índice de similitud superior al 25%, el artículo es descartado; si por el contrario el índice es hasta del 25%, el artículo continúa en la segunda etapa del proceso.

Proceso de evaluación y arbitraje

Los artículos para la revista *Lámpsakos* se someten a consideración del Comité de árbitros para cada edición. Al momento de enviar su manuscrito, la revista puede solicitarle sugerencias para la conformación del mencionado comité de evaluación, con la condición de que el proceso de dictamen para cada edición exige anonimato.

En primer lugar, los artículos recibidos serán objeto de una evaluación preliminar por parte del editor y de los miembros del Comité editorial, quienes determinarán la pertinencia de la publicación acorde a los ejes temáticos de la revista, e igualmente evaluarán si los artículos cumplen los criterios que se describen en la guía de autores. En caso de que no responda a la temática de la publicación, el artículo se regresa al autor. Si la presentación formal o de fondo debe mejorarse, se le solicita al autor realizar las correcciones y hacer un nuevo envío en un plazo ajustado al cronograma de edición; si el artículo cumple con las condiciones mencionadas, se dará paso a la segunda etapa del proceso de evaluación.

Una vez establecido que el artículo cumple con los requerimientos de forma y pertinencia, será enviado a dos o más pares académicos externos expertos en el área temática del artículo, quienes determinarán en forma anónima, bajo la modalidad de doble ciego (es decir, que es confidencial la información de los autores para los dictaminadores, y viceversa), la calidad, originalidad, relevancia y valor práctico del trabajo.

Los jurados registran su veredicto en un formato en línea de acuerdo a si el artículo hace una nueva e importante contribución al conocimiento, logra los objetivos planteados, el problema planteado es claro, las conclusiones se relacionan con los objetivos, el argumento es claro y coherente sustentando las conclusiones, presenta antecedentes y estudios anteriores válidos, es convincente, sin omisiones significativas y errores, con un título y un resumen claro y acorde al contenido, con palabras claves adecuadas y suficientes, longitud total del artículo dentro de los límites, referencias adecuadas y correctas, concordantes con el contenido y con las citas dentro del cuerpo del documento, y finalmente con su validación según la temática tratada acorde a la experticia en el tema para el cual fue seleccionado como par evaluador.

Los pares pueden dar como dictamen: a) publicar sin cambios, b) publicar cuando se hayan cumplido correcciones menores, c) publicar una vez que se haya correcciones mayores y d) rechazar. Adicionalmente cada par clasifica el artículo de acuerdo a su tipo: Artículo de investigación científica y tecnológica, Artículo de reflexión, Artículo de revisión u otro tipo. La decisión de publicación y la clasificación del artículo definitiva se definirán de acuerdo al veredicto de la mayoría de los pares evaluadores asignados. Si la mayoría de los pares consideran que el artículo “se rechaza”, la dirección de la revista comunica la decisión al autor y envía, como soporte el resultado de las evaluaciones entregado por los árbitros.

A medida que los pares van dando su veredicto, en el caso de que el resultado registrado sea, publicable con correcciones mayores o menores, se le irá informando al autor para que haga las mejoras correspondientes y el plazo de entrega del artículo corregido. Luego de realizadas las correcciones, el artículo será enviado nuevamente al jurado que solicito las mejoras en una segunda ronda para que valide si las correcciones son aceptables y determine si el artículo es publicable sin cambios adicionales. Se podrán hacer varias rondas de corrección hasta que el jurado esté satisfecho con los cambios. La notificación de aceptación o rechazo

del artículo se realizará vía e-mail. El informe será emitido a los autores luego de que los pares realicen su veredicto final. Este proceso puede durar al menos dos meses, dependiendo de la temática, facilidad de obtención de pares y la disponibilidad de tiempo de los mismos. Los resultados del proceso de dictamen académico serán inapelables en todos los casos.

En general, los aspectos de fondo más valorados serán la coherencia y la relevancia de la colaboración para el avance del conocimiento académico y profesional de la ciencia. Es necesario tener presente que cada tipología de trabajo tiene su propia estructura textual y conceptual, en función del aporte y de los posibles lectores.

Derechos de autor

La revista *Lámpsakos* requiere a los autores que concedan la propiedad de sus derechos de autor, para que su artículo y materiales sean reproducidos, publicados, editados, fijados y comunicados y transmitidos públicamente en cualquier forma o medio, así como su distribución en el número de ejemplares que se requieran y su comunicación pública, en cada una de sus modalidades, incluida su puesta a disposición del público a través de medios electrónicos, ópticos o de cualquier otra tecnología para fines exclusivamente científicos, culturales, de difusión y sin fines de lucro. Cada artículo se acompaña de una *declaración de originalidad* en la que se especifique que no ha sido publicado y que no se someterá simultáneamente a otras publicaciones antes de conocer la decisión del comité editorial.

Propiedad y divulgación de artículos

Los trabajos publicados en la revista, sin excepciones, se acogen a las normas del Copyleft y Creative Commons, ya que la publicación es de libre distribución para el conocimiento y podrá ser reproducida por cualquier medio, haciendo mención de la fuente. El autor o autores aceptan las políticas editoriales y los lineamientos de la guía y autorizan cediendo sus derechos patrimoniales a la revista y a la Institución, para editar y divulgar/publicar el artículo por cualquier medio nacional y/o internacional, impreso o electrónico.

Los artículos son producto de un proceso de investigación de los autores y han sido valorados previamente por colegas expertos antes de ser publicados. Las opiniones y afirmaciones que aparecen en la publicación reflejan exclusivamente los puntos de vista de sus autores y no

comprometen necesariamente las políticas y pensamiento de la Universidad Católica Luis Amigó, la Facultad de Ingenierías y Arquitectura o la revista *Lámpsakos*.

Términos de ética

Con base en lineamientos de organismos internacionales como el Committee on Publication Ethics (COPE), la revista Lámpsakos acata los siguientes principios éticos:

- El Comité Editorial en virtud de la transparencia en los procesos, velará por la calidad académica de la revista.
- Se consideran causales de rechazo: el plagio, adulteración, invento o falsificación de datos del contenido y del autor, que no sean inéditos y originales.
- En ningún caso, la dirección de la revista exigirá al autor la citación de la misma ni publicará artículos con conflicto de intereses.
- El Editor, los Comités y los Evaluadores tendrán libertad para emitir su opinión sobre la viabilidad de publicación del artículo.
- Las decisiones editoriales se informarán a los autores de manera oportuna, en términos respetuosos y procurando el mutuo aprendizaje.
- El Editor velará por el mutuo anonimato de los articulistas y los pares durante el proceso de evaluación.
- El articulista se comprometerá a respetar las leyes nacionales e internacionales de Derechos de Autor y de Protección a menores.
- En caso de duda o disputa de autoría y coautoría se suspenderá el proceso de edición y la publicación del texto hasta que sea resuelto.
- La revista se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.
- Si una vez publicado el artículo: 1) el autor descubre errores de fondo que atenten contra la calidad o científicidad, podrá solicitar su retiro o corrección. 2) Si un tercero detecta el error, es obligación del autor retractarse de inmediato y se procederá al retiro o corrección pública.
- Toda reclamación se recibirá por escrito mediante correo electrónico (lampsakos@funlam.edu.co) y el plazo máximo de respuesta será de cinco días hábiles a partir de la recepción de la disconformidad.

GUIDE FOR AUTHORS

Typology of articles for the journal

Each paper in the journal is evaluated by academic peers with recognized experience in the area on which the article belongs. Authors may submit their manuscripts for publication, according to the following typologies, defined by indexing agencies of scientific magazines that recognize the quality of the publications. (Publindex, Colciencias–Colombia)

The magazine gives priority to the publication of articles of type 1, 2 and 3.

1. Article of scientific and technological research. Document that presents, in detail, the original results of completed research projects. The structure generally contains four important parts: introduction, methodology, results and conclusions.
2. Article of reflection. Document that presents finished research results from an analytical, interpretative or critical, on a specific topic, using original sources.
3. Review article. Document resulting from a completed investigation, which analyze, systematize and integrate the results of research published or unpublished, in a field of science or technology, in order of accounting for the progress and development trends. It is characterized by a careful literature review of at least 50 references.

Another kind of articles can be considered for publication in the magazine, depending on their originality and contribution knowledge according to the scientific committee and the editorial board of referees committee of each number. Among them are:

4. Short article. Brief document that presents original results preliminary or partial of a scientific or technological research, which usually requires a quick diffusion.
5. Case report. Document that presents the results of a study on a particular situation in order to make known the technical and methodological experiences considered in a specific case. Includes commented systematic review of the literature on analogous cases.

6. Topic Review. Document resulting from a critical review of the literature on a particular topic.
7. Letters to the Editor. Critical positions, analytical or interpretative on documents published in the magazine, which in the opinion of the Editorial Committee are an important contribution to the discussion of the topic by the scientific community of reference.
8. Editorial. Document written by the editor, editorial committee member or a guest researcher on guidelines in the thematic domain of the magazine.

Requirements of manuscripts

The aspects of form must follow the basic rules that the journal has established for authors when writing their manuscripts, in essential aspects as the titles, the size of paragraphs, quotations, nomenclatures, the presentation of results, the proportion of tables and Figures. Authors should also conform to the rules of quotation of references. Special care is required in the organization and structure of the manuscript, as well as the writing style, the presentation of the results in tables and Figures, and the correspondence between the references cited and listed at the end of work. Moreover, authors must not forget about the language settings according to the international environment, typical of scientific and professional community.

Authors should refer their manuscripts of articles through the journal's platform, which may be accessed on the address <http://www.funlam.edu.co/lampsakos>, following the instructions in the official template magazine, consisting of the following minimum requirements:

Use official magazine template

Manuscripts may be written in Spanish or English language, in IEEE format, letter sized pages (21.59 cm x 27.94 cm) and 2 cm margins on each side, using the official template that is possible to be downloaded from the web page of the Lámpsakos journal.

Maximum length of the article

Eight pages using the official template of the journal in IEEE format.

Paragraphs formatting

Arial letter, size 10, single line spacing, and double column.

Abstract

Must be in Spanish and English and not larger than 200 words for each language.

keywords

Include until maximum 5 keywords in alphabetical order, with their equivalent in Spanish.

Numbering of titles and headers

In multilevel lists with Arabic numerals to the sublevel 3.

Body of manuscript

It includes Introduction, Development Methodology and evidencing the contribution to engineering, conclusions and future work.

Citations and bibliographic references

Numbering according to IEEE format. All citations in the manuscript must be listed in the references. There should not be isolated references that are cited in the body of the manuscript.

Evaluation process and arbitration

The articles for the Journal “*Lámpsakos*” are subjected to consideration of the Committee of referees for each edition. When authors send their manuscript, the journal may solicit suggestions for the creation of that evaluation committee, based upon the fact that in the dictamination process for each edition requires anonymity.

First, the received articles will be subject to a preliminary assessment by the Editorial Committee members, who will determine the relevance of the publication.

Once established the Article complies with the thematic requirements in addition to the formal requirements indicated in these instructions, it will be sent out to external academic peers who determine on an anonymous basis: a) publish without changes, b) publish corrections they have complied with minor corrections, c) publish once having made a thorough review, d) reject. In case of discrepancy between the two results, the text will be sent to a third referee, whose decision will define its publication.

Dictamination process is carried out by academic peers specialists under double-blind mode. Each

pair will review academic quality, originality, significance and practical value of the work.

Notification of acceptance or rejection of the article will be via e-mail. The report will be emitted into the authors during the month following the submission of the manuscript. The results of the academic opinion will be final in all cases.

In general, most valued aspects of background will be the consistency and relevance of collaboration in advancing academic and professional knowledge of science. It is necessary to remember that each type of job has its own textual and conceptual structure, depending on the amount and potential readers.

Copyright

The journal *Lámpsakos* requires granting authors ownership of their copyrights, for their item and materials to be reproduced, published, edited, set and reported and publicly transmitted in any form means, and their distribution in the number of copies required, and public communication, in each of its forms including the making available to the public through electronic, optical or other purpose any technology exclusively scientific, cultural, media and nonprofit. It has the letter of assignment of rights to do so.

Originality letter

All papers that are published on this media, must gather to Copyleft and Creative Commons policies, with no exceptions, since they belong to an open access academic journal. Contained information may be reproduced on any media by correctly citing the reference source.

The author or authors authorize the magazine and the Institution to edit and disseminate / publish the article by any media national and / or international, print or electronic.

Papers presented in the academic journal are mostly derived from research activities driven by their authors. They have been previously evaluated on a peer review process before concerning their publication. Each manuscript undergoes an originality evaluation before starting the peer-review process.

The opinions and affirmations accepted for publication reflect exclusively the points of view of their authors and do not necessarily compromise the policies and thinking of either Catholic University Luis Amigó, the Faculty of Engineering and Architecture or the journal “*Lámpsakos*”.