

## INVESTIGACIÓN EN INGENIERIA

**Presentación**  
Presentation

**Editorial**  
**Incidencia de las megatendencias globales en la biomedicina**  
Incidence of global megatrends in biomedicine  
*PhD. Uriel Zapata*

### Artículos de resultados de Investigación Científica y Tecnológica

**Sistema web para la gestión y monitoreo del plan de vacunación del municipio de Medellín - SISMOVAC**  
Web system for the management and monitoring of vaccination plan of the municipality of Medellín - SISMOVAC  
*Lesly Lisbeth Gómez Echeverry, David Muñoz Mazo, Margarita María Álvarez Tobón, Mario Alejandro Giraldo Vásquez*

**Desarrollo de estación de carga de vehículos eléctricos**  
Development of a charging station for electric vehicles  
*MSc. José Valentín Antonio Restrepo Laverde, Ing. Diego Alejandro Tobón Ramírez*

**La gamificación como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: un mapeo sistemático de literatura**  
Gamification as a didactic strategy for teaching/learning programming: a systematic mapping of the literature  
*PhD. Cesar Alberto Collazos Ordoñez, MSc. Oscar Revelo Sánchez, MSc. Javier Alejandro Jiménez Toledo*

### Artículos de Revisión y Estado del Arte

**Últimos avances en la fabricación aditiva con materiales metálicos**  
Latest advances in additive manufacturing with metallic materials  
*Alexandra Balbás Calvo, María del Mar Espinosa, Manuel Domínguez Somonte*

**Creatividad e innovación: Motores de desarrollo empresarial**  
Creativity and innovation: As engines of business development  
*Eulices Córdoba Zuñiga, Jency Lorena Castillo Toro, Noé Castillo Quesada*

### Artículos de divulgación

**Actualidad e importancia de la implementación de Big Data utilizando las herramientas Hadoop y Spark**  
Present and importance of the implementation of Big Data using the Hadoop and Spark tools  
*MSc. Lina Montoya Suarez, MSc. Gustavo Andrés Gil Restrepo*

**Guía para la configuración de la Interfaz Nativa de Java**  
Guide for configuration the Java Native Interface  
*PhD. Mailyn Moreno Espino, Raymel Ramos Guerra, Yilian Bacallao Leiva*

## Lámpsakos

N°. 19, enero-junio 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.funlam.edu.co-fondoeditorial@funlam.edu.co](http://www.funlam.edu.co-fondoeditorial@funlam.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**

Uriel Zapta, Ph.D.  
*Universidad EAFIT, Medellín, Colombia*  
Eder Acevedo Marín, MSc.  
*Universidad Católica Luis Amigó, Medellín, Colombia*  
Cesar Ruiz Jaramillo, MSc.  
*Corporación Universitaria Lasallista, Caldas, Colombia*  
Gabriel Jaime Correa Henao, Ph.D.  
*Sedic. S.A., Medellín, Colombia*  
Ruben Cárdenas Espinosa, Ph.D.  
*Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, Manizales, Colombia*  
José Luis Tristancho Reyes, Ph.D.  
*Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia*  
Santos Adriana Martel Estrada, Ph.D.  
*Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Mexico*  
Octavio Andrés González Estrada, Ph.D.  
*Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.*  
John Jairo Silva, MsC.  
*Universidad EAFIT, Medellín, Colombia*  
Ana Cristina Zuñiga Zapata, MSc. PhD(c).  
*Corporación Universitaria Adventista, Medellín, Colombia*  
Francisco Javier Arias-Vargas, MSc  
*Corporación Universitaria Americana, 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](mailto: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

<b>Presentación</b> .....	6
<b>Editorial</b>	
Incidencia de las megatendencias globales en la biomedicina .....	9
<i>PhD. Uriel Zapata</i>	
<b>Artículos de resultado de Investigación Científica y Tecnológica</b>	12
Sistema web para la gestión y monitoreo del plan de vacunación del municipio de Medellín – SISMOVAC.....	13
<i>Lesly Lisbeth Gómez Echeverry, David Muñoz Mazo, Margarita María Álvarez Tobón, Mario Alejandro Giraldo Vásquez</i>	
Desarrollo de estación de carga de vehículos eléctricos..	
<i>MSc. José Valentín Antonio Restrepo Laverde, Ing. Diego Alejandro Tobón Ramírez</i>	
La gamificación como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: un mapeo sistemático de literatura .....	
<i>PhD. Cesar Alberto Collazos Ordoñez, MsC. Oscar Revelo Sánchez, MsC. Javier Alejandro Jiménez Toledo</i>	
<b>Artículos de Revisión y Estado del Arte</b>	
Últimos avances en la fabricación aditiva con materiales metálicos.....	
<i>Alexandra Balbás Calvo, María del Mar Espinosa, Manuel Domínguez Somonte</i>	
Creatividad e innovación: Motores de desarrollo empresarial .....	
<i>Eulices Córdoba Zuñiga, Jency Lorena Castillo Toro, Noé Castillo Quesada</i>	
<b>Artículos divulgación</b>	
Actualidad e importancia de la implementación de Big Data utilizando las herramientas Hadoop y Spark.....	67
<i>MsC. Lina Montoya Suarez, MsC. Gustavo Andrés Gil Restrepo</i>	
Guía para la configuración de la Interfaz Nativa de Java.	73
<i>PhD. Mailyn Moreno Espino, Raymel Ramos Guerra, Yilian Bacallao Leiva</i>	
<b>Guía para los autores</b>	77

# CONTENTS

<b>Presentation</b> .....	7
<b>Editorial</b>	
Incidence of global megatrends in biomedicine .....	9
<i>PhD. Uriel Zapata</i>	
<b>Articles of results of Scientific and Technological Research</b>	12
Web system for the management and monitoring of vaccination plan of the municipality of Medellín - SISMOVAC .....	13
<i>Lesly Lisbeth Gómez Echeverry, David Muñoz Mazo, Margarita María Álvarez Tobón, Mario Alejandro Giraldo Vásquez</i>	
Development of a charging station for electric vehicles..	
<i>MSc. José Valentín Antonio Restrepo Laverde, Ing. Diego Alejandro Tobón Ramírez</i>	
Gamification as a didactic strategy for teaching/learning programming: a systematic mapping of the literature .....	
<i>PhD. Cesar Alberto Collazos Ordoñez, MsC. Oscar Revelo Sánchez, MsC. Javier Alejandro Jiménez Toledo</i>	
<b>Review articles and state of the art</b>	
Latest advances in additive manufacturing with metallic materials .....	
<i>Alexandra Balbás Calvo, María del Mar Espinosa, Manuel Domínguez Somonte</i>	
Creativity and innovation: As engines of business development .....	
<i>Eulices Córdoba Zuñiga, Jency Lorena Castillo Toro, Noé Castillo Quesada</i>	
<b>Dissemination article</b>	
Present and importance of the implementation of Big Data using the Hadoop and Spark tools .....	67
<i>MsC. Lina Montoya Suarez, MsC. Gustavo Andrés Gil Restrepo</i>	
Guide for configuration the Java Native Interface.....	73
<i>PhD. Mailyn Moreno Espino, Raymel Ramos Guerra, Yilian Bacallao Leiva</i>	
<b>Guide for authors</b>	77

# Presentación

Es muy grato presentar el volumen 19 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, tres de revisión y estado del arte y dos de reporte de caso y/o divulgación.

En la editorial, el PhD, **Uriel Zapata**, hace una reflexión acerca de la incidencia de las megatendencias globales en la biomedicina. Esto es importante pues el desarrollo de la tecnología e ingeniería en esta rama son la clave para asegurar la salud de una población creciente a nivel mundial.

En primer artículo de resultados de investigación científica o tecnológica, los integrantes del grupo BIOMATIC del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, **Lesly Gómez, David Muñoz, Margarita Álvarez y Mario Alejandro Giraldo**, de Itagüí, Colombia, exponen el resultado de un proyecto de investigación avalado por el SENA, consistente en el desarrollo de un software basado en la Web, para la gestión y monitoreo del plan de vacunación en el municipio de Medellín, realizado en Java Web, HTML5, MySQL y otras herramientas.

En un segundo artículo de investigación, el **MsC. José Valentín Restrepo** y el **Ing. Diego Alejandro Tobón**, de la Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia, presentan el resultado de un desarrollo de un sistema de estación de carga para vehículos eléctricos. Explican estándares comunes de conectores, y como a partir de uno seleccionado se explica el diseño realizado, sus etapas, componentes y funcionamiento.

En un primer artículo de Revisión, el **PhD. Cesar Collazos** de la Universidad del Cauca, el **MsC. Oscar Revelo Sánchez** de la Universidad de Nariño, y el **MsC. Javier Jimenez** de la Institución Universitaria CESMAG, Colombia, abordan el tema del uso de la Gamificación como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la Programación, encontrando 78 artículos académicos y viendo su contribución para que la comunidad académica tenga una visión general del tema.

En un segundo artículo de Revisión, **Alexandra Balbás Calvo, María del Mar Espinosa y Manuel Dominguez**

**Somonte**, de la Universidad Nacional de Educación a Distancia, España, abordan en un alcance exploratorio, el tema de la fabricación aditiva, en particular aplicado a materiales metálicos, analizando los retos y perspectivas futuras que enfrenta esta tecnología.

En un tercer artículo de Revisión, **Eulices Córdoba, Jency Castillo y Noé Castillo**, de la Universidad de la Amazonía, Florencia, Colombia, abordan el tema de la creatividad e innovación como elementos claves del desarrollo empresarial mediante una metodología documental, revisando múltiples artículos académicos relacionados con el tema y analizando las razones por las cuales la creatividad e innovación permiten mayores posibilidades de alcanzar en éxito en las empresas

En el primer artículo de estudio de reporte de caso y/o divulgación, los ingenieros **MSc. Lina Montoya Suarez y MSc. Gustavo Andrés Gil** de la Universidad Católica Luis Amigó, analizan un tema de actualidad como es el Big Data, desde sus requerimientos de volumen y variedad de la información y de velocidad de procesamiento, contextualizando el tema desde el uso de las herramientas Hadoop y Spark.

En un segundo artículo de reporte de caso, la **PhD. Maylin Moreno, Raymel Ramos y Yilian Bacallao**, de la Universidad Tecnológica de la Habana, Cuba, dan un ejemplo a modo “Hola Mundo”, con una guía de cómo son los pasos a seguir para la configuración de la Interface Nativa de Java, JNI, en algunos entornos de desarrollo, Eclipse y C++.

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 19 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 section, two articles of research results, three of review and state of the art and two of case report and / or disclosure.

In the editorial, the **PhD, Uriel Zapata**, makes a reflection about the incidence of global megatrends in biomedicine. This is important because the development of technology and engineering in this branch are the key to ensure the health of a growing population worldwide.

In the first article of results of scientific or technological research, the members of the BIOMATIC group of the National Service of Learning SENA, **Lesly Gómez, David Muñoz, Margarita Álvarez** and **Mario Alejandro Giraldo**, from Itagüí, Colombia, expose the result of a supported by SENA research project, consisting of the development of web-based software for the management and monitoring of the vaccination plan in the Medellín locality, carried out in Java Web, HTML5, MySQL and other tools.

In a second research article, the **MsC. José Valentín Restrepo** and the **Ing. Diego Alejandro Tobón**, from the Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia, present the result of the development of a charging station system for electric vehicles. They explain common standards of connectors, the selected connector, the design of the station, its stages, components and operation.

In a first review article, the **PhD. Cesar Collazos** of the Universidad del Cauca, the **MsC. Oscar Revelo Sánchez** from the University of Nariño, and the **MsC. Javier Jimenez** of the University Institution CESMAG, Colombia, review the issue of the use of Gamification as a didactic strategy for the teaching / learning of Programming, finding 78 academic articles and seeing their contribution so that the academic community has a general vision of the subject.

In a second review article, **Alexandra Balbás Calvo, María del Mar Espinosa** and **Manuel Dominguez Somonte**, from the National University of Distance Education, Spain, approach in an exploratory scope, the issue of additive manufacturing, particularly applied to metallic materials, analyzing the challenges and future perspectives that this technology faces.

In a third review article, **Eulices Córdoba, Jency Castillo** and **Noé Castillo**, from the University of the Amazon, Florence, Colombia, address the issue of creativity and innovation as key elements of business development

through a documentary methodology, reviewing multiple academic articles related to the topic and analyzing the reasons why creativity and innovation allow greater possibilities of achieving success in companies

In the first article of case report and / or disclosure, the MSc engineers **Lina Montoya Suarez** and **MSc. Gustavo Andrés Gil** from Luis Amigó Catholic University, analyze a topical issue such as Big Data, from his requirements of volume and variety of information and processing speed, contextualizing the topic from the use of Hadoop and Spark tools.

In a second case report article, the **PhD. Maylin Moreno, Raymel Ramos** and **Yilian Bacallao**, from the Technological University of Havana, Cuba, give an example in the "Hello World" mode, with a guide of the steps to follow for the configuration of the Native Java Interface, JNI, in some development environments, Eclipse and C ++.

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





# Incidencia de las megatendencias globales en la biomedicina

## *Incidence of global megatrends in biomedicine*

**PhD. Uriel Zapata**  
Universidad EAFIT  
[uzapata@eafit.edu.co](mailto:uzapata@eafit.edu.co)

(Recibido el 01-11-2017, Aprobado el 30-11-2017, Publicado el 16-01-2018)

**Estilo de Citación de Artículo:**

U. Zapata, "Incidencia de las megatendencias globales en la biomedicina", Lámpsakos, no. 19, pp 9-11, 2018  
DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2932>

### EDITORIAL

El siglo XXI ha comenzado con importantes cambios a nivel económico, tecnológico, poblacional, ambiental y de valores sociales que están originando tendencias en la manera como las sociedades, los países, la ciencia y los ciudadanos están reaccionando. Dichas reacciones están produciendo cambios de enorme impacto global en el largo plazo (Megatendencias). En años recientes se han identificado cuatro megatendencias globales que impactan el ambiente, la economía y las condiciones sociales de los países en desarrollo [1]:

- El empoderamiento individual mediante la reducción de la pobreza, el crecimiento de la clase media, el uso generalizado de nuevas comunicaciones y tecnologías, mayores logros educativos y avances en la atención de la salud.
- La difusión de poder, la cual garantiza que no habrá poderes hegemónicos y que el poder será el resultado de redes y coaliciones en un mundo multipolar.
- Los cambios en los patrones demográficos ya que el 60% de la población mundial vivirá en áreas urbanizadas. La migración aumentará y algunos países envejecerán más rápidamente.
- La relación entre alimentos, agua y energía, debido a que la demanda de estos recursos crecerá sustancialmente como respuesta a un aumento considerable de la población.

En general, las megatendencias globales tendrán un impacto directo en la salud y el bienestar de las sociedades, de manera que la comunidad científica requerirá la consolidación de sistemas interdisciplinarios para potenciar la eficiencia de las respuestas científicas necesarias. La medicina moderna y las ciencias de la salud dependen en gran medida del apoyo de la ingeniería para ofrecer alternativas de prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades. El desarrollo de nuevas tecnologías es vital para la prestación de servicios de salud eficientes. Entre estas tecnologías que actualmente impactan la medicina y por lo tanto la prestación del servicio de salud, se encuentran:

- Las imágenes médicas y los métodos desarrollados para analizarlas, alinearlas y combinarlas con el fin de medir la progresión de enfermedades o la respuesta ante las terapias.
- Los procedimientos quirúrgicos innovadores, desde el diseño de los quirófanos, los instrumentos, técnicas menos invasivas y los robots médicos.
- La simulación de procedimientos quirúrgicos que coinciden con la realidad virtual y apoyan el entrenamiento del personal médico y quirúrgico.
- El diseño, desarrollo y fabricación de bio-microsistemas, dispositivos, aparatos y sensores médicos que permiten a la población una mejora en su calidad de vida.

- La creación de implantes cardíacos, óseos, dentales, y demás tejidos asociados a la situación social de cada país.
- Los desarrollos en neuroingeniería, que facilitan la restauración y el aumento de las funciones del sistema nervioso [2].
- La implementación de la salud móvil (e-Health) y telemedicina como plataformas para monitorear y brindar servicios médicos y de diagnóstico a los pacientes en sus hogares.
- Los desarrollos en biomateriales e ingeniería de tejidos aplicados a la medicina regenerativa (células madre, y materiales tisulares, entre otros).
- El uso de la inteligencia artificial en el diagnóstico y prevención de enfermedades

Desde la anterior perspectiva, se puede evidenciar como las megatendencias globales requieren respuestas específicas que se originen desde la ingeniería aplicada a las ciencias de la salud así:

### 1. Incremento en la expectativa de vida (Envejecimiento de la población)

Para 2030 la edad media mundial aumentará en más de 3 años y la mitad de la población tendrá más de 33 años y la proporción de mayores de 65 años aumentará del 8% en 2015 al 12% en 2030 [3]. El incremento en la expectativa de vida gracias a la biomedicina puede ser abordada desde los siguientes aspectos:

- Terapias de células madre, ingeniería de tejidos y medicina regenerativa, para el reemplazo de tejidos biológicos enfermos y la creación de nuevos tejidos y órganos artificiales (incluyendo miembros artificiales y prótesis oculares).
- Administración de fármacos con precisión a nivel molecular mediante la aplicación de nanopartículas, con componentes terapéuticos, que se adhieren a los tejidos afectados minimizando su impacto sobre los tejidos sanos [4].
- Diseño y construcción de instrumentación, sensores, tecnologías potentes y rápidas de diagnóstico, así como producción acelerada de vacunas.

### 2. Cambios demográficos:

Se proyecta que la población mundial se incrementará un 16% para 2030, con respecto a 2017. La población en los países en desarrollo, como Colombia, crecerá seis veces más rápido que la de los países desarrollados. Estos cambios

demográficos pueden requerir los siguientes aspectos de la bioingeniería:

- Superar las resistencias múltiples a los medicamentos, para lo cual se deben estudiar: las bacterias que viven simbióticamente con insectos, las propiedades antibacterianas de las plantas, y la creación de nuevas moléculas desde el laboratorio.
- Desarrollo de neurotecnologías para influir sobre el sistema nervioso, especialmente el cerebro, que permita probar soluciones biotecnológicas potenciales a trastornos cerebrales.
- Desarrollo de sistemas de salud en todas partes (e-health systems), mediante la implementación de una identificación médica universal que garantice el seguimiento de la historia médica de cada paciente independientemente del lugar, la compañía aseguradora y los lugares donde se realicen los registros médicos o exámenes médicos.

### 3. Procesos de urbanización e individualidad de las personas:

Los países en vía de desarrollo muestran un incremento en la migración de los pobladores de las zonas rurales a las zonas urbanas (urbanización), donde los núcleos familiares se verán dispersos y las familias se separarán para trabajar y aumentar los ingresos económicos. La biomedicina puede abordar los procesos de urbanización e individualidad social desde los siguientes aspectos:

- La aplicación de tecnologías emergentes en la reproducción humana que repliquen el proceso de fecundación, cuando este fracasa de forma natural, mediante alternativas como: inseminación artificial, fecundación in vitro con transferencia de embriones e inyecciones intracitoplásmicas de espermatozoides.
- Purificación de agua con bajo consumo energético [5]. Mediante la aplicación de nuevas técnicas de purificación con bajo consumo energético como la ósmosis directa utilizando energía calorífica de bajo nivel. Debido a que el calentamiento global y la contaminación ambiental inciden desfavorablemente en la escasez y la calidad del agua para la agricultura, las ciudades y la industria.
- Uso de la Inteligencia Artificial, en combinación con la robótica, para construir dispositivos médicos que puedan ingresar al cuerpo para realizar diagnósticos y tratamientos médicos.

### Resultados esperados:

Se estima que una intervención directa en los procesos de investigación y desarrollo de los aspectos más innovadores de la biomedicina, permita evidenciar cambios en algunos indicadores médicos en el mediano y largo plazo (10 y 20 años respectivamente), tales como:

- Mejora en los procesos de diagnóstico y prevención médica.
- Disminución de las enfermedades cardíacas y del sistema nervioso.
- Disminución en la mortalidad y afectación por tumores.
- Disminución en los periodos de hospitalización.
- Disminución de los desórdenes mentales de la población.
- Disminución en la incidencia de enfermedades infecciosas.

### REFERENCIAS

- [1] National Intelligence Council. *Global trends 2030: Alternative worlds*, 2012 [Online]. Available on: <https://globaltrends2030.files.wordpress.com/2012/11/global-trends-2030-november2012.pdf>
- [2] NAE Grand Challenges for engineering, "Reverse-Engineer the Brain", National Academy of Engineering, Washington, USA. [Online]. Available on: <http://www.engineeringchallenges.org/9109.aspx>. [Accessed: Dec 5, 2017].
- [3] "The Roland Berger Trend Compendium 2030, Megatrend 1 Demographic dynamics", Roland Berger, 2017. [Online]. Available on: [https://www.rolandberger.com/publications/publication\\_pdf/roland\\_berger\\_trend\\_compendium\\_2030\\_\\_trend\\_1\\_demographic\\_dynamics\\_1.pdf](https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_trend_compendium_2030__trend_1_demographic_dynamics_1.pdf)
- [4] NAE Grand Challenges for engineering, "Engineer Better Medicines", National Academy of Engineering, Washington, USA. [Online]. Available on: <http://www.engineeringchallenges.org/9129.aspx>. [Accessed: Dec 5, 2017].
- [5] Naciones Unidas, "Objetivos y metas de desarrollo sostenible", [En línea]. Disponible en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. [Accedido: 5-dic-2017].

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





# Sistema web para la gestión y monitoreo del plan de vacunación del municipio de Medellín - SISMOVAC

*Web system for the management and monitoring of vaccination plan of the municipality of Medellín - SISMOVAC*

**David Muñoz Mazo**

Servicio nacional de aprendizaje, SENA  
Grupo BIOMATIC  
Itagüí, Colombia.

[dmunoz34@misena.edu.co](mailto:dmunoz34@misena.edu.co)

**Lesly Lisbeth Gómez Echeverry**

Servicio nacional de aprendizaje, SENA  
Grupo BIOMATIC  
Itagüí, Colombia.

[lgomeze@sena.edu.co](mailto:lgomeze@sena.edu.co)

**Margarita María Álvarez Tobón**

Servicio nacional de aprendizaje, SENA  
Grupo BIOMATIC  
Itagüí, Colombia.

[mmalvarez@sena.edu.co](mailto:mmalvarez@sena.edu.co)

**Mario Alejandro Giraldo Vásquez**

Centro de Diseño y Manufactura del Cuero  
Servicio nacional de aprendizaje, SENA  
Grupo BIOMATIC  
Itagüí, Colombia.

[magiraldo20@gmail.com](mailto:magiraldo20@gmail.com)

(Recibido el 02-05-2017, Aprobado el 03-11-2017, Publicado el 16-01-2018)

Estilo de Citación de Artículo:

D. Muñoz, L. Gómez, M.M. Álvarez, M.A. Giraldo, "Sistema web para la gestión y monitoreo del plan de vacunación del municipio de Medellín - SISMOVAC", Lámpsakos, no. 19, pp 13-21, 2018

DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2353>

**Resumen** – Las infraestructuras tecnológicas dinámicas, como la computación en la nube, representan una nueva alternativa de información disponible para administrar las actividades de las organizaciones que hacen uso intensivo de la información, como lo es la gestión de la información del plan de vacunación del municipio de Medellín. Estas herramientas deben estar basadas en arquitecturas confiables, de fácil implementación y manipulación. Para este proyecto se desarrolló un sistema web denominado SISMOVAC, cuyo objetivo es gestionar la información de los niños que participan en el programa de vacunación del municipio de Medellín. El sistema genera una encuesta donde se registra la información tanto de los niños que han sido vacunados, como los que aún no, cuáles vacunas les han sido aplicadas y cuáles les faltan. También se registra la EPS a la que pertenece el niño, la vigencia del carnet de vacunación, la comuna, el barrio y los datos básicos de la residencia como la dirección y teléfono. El sistema fue implementado y es usado en el área de vacunación del municipio de Medellín. Con este sistema web se garantiza que la información almacenada y la que aparece en los reportes sea segura y confiable para una asertiva toma de decisiones.

Para el análisis, el diseño y el desarrollo de la aplicación se empleó la metodología orientada a objetos, utilizando lenguajes de programación Java Web, Html5, Dreamweaver CS3 y la base de datos en MySQL. Para el diseño del sistema se utilizó el *Framework Bootstrap* al igual que el *plugin JQuery* para su adaptación en la web y para usarlo en cualquier dispositivo móvil o tableta, ya que estos dispositivos son los que van a ser utilizados por los usuarios del sistema.

**Palabras clave:** Sistema Web; esquema de vacunación, población infantil.

**Abstract** – Dynamic technological infrastructures, such as the cloud web services, represent a new alternative of tools and information available for management activities within organizations that make extensive use of information. One of these services is the virtual management for the coverage of the vaccination plan in the city of Medellín. These tools must be supported by reliable architectures, easy to implement and to operate. In this project, the web application SISMOVAC was designed. Its main objective is data collection and management about the children that are part of the vaccination program in the city of Medellín. The system generates a survey where the information of the

vaccinated and non vaccinated children is collected, along with the information of the vaccines that have been applied and the ones that are missing. It also registers the health service affiliation (EPS) of each child, the validity of the vaccination license, the district, the neighborhood and the address information. This web system guarantees that the information is collected, saved and the reports are generated in a safe and reliable fashion in order to perform a correct assessment and decision making process.

The design and development of the application was addressed by means of an object oriented methodology using Java Web, Html5, Dreamweaver CS3 and a database in MySQL. The design was made with the bootstrap tool that contains responsive design to allow the tool to be used in smartphones and tablets, since such devices are widely used by the users of the web system.

**Keywords:** Web system; vaccination scheme, survey, child population.

## 1 INTRODUCCIÓN

Las características de la economía actual influyen directamente en el desarrollo de sociedades de información global emergentes [1]. Muchas organizaciones se están convirtiendo en empresas interconectadas por internet [2], porque sin duda el elemento diferenciador entre ellas radica en el aprovechamiento de los recursos que la tecnología ofrece y la manera como estos son explotados [3]. En la actualidad existe una herramienta para el desarrollo de las actividades organizacionales, denominada tecnología de la información y las comunicaciones (TIC) [4], [5].

El diseño y desarrollo de software hace parte del uso de las TIC. Cuando se requiere esto, es fundamental analizar todas las alternativas disponibles y determinar si satisfacen las necesidades de la organización. Por ejemplo, la computación en la nube consiste en servicios ofrecidos a través de internet, mediante la cual los usuarios acceden a sus aplicaciones, correo electrónico, almacenamiento y datos en el lugar, momento y tiempo que lo necesiten [6]. En la última década los sistemas de software basados en Web han tenido un gran auge, y entre sus principales aplicaciones se encuentra los sistemas de comercio electrónico y las redes sociales, los cuales han visto un gran crecimiento año tras año debido también a la mejora de las tecnologías de internet, de cómputo distribuido, de los lenguajes basados en objetos y las arquitecturas de hardware [7]. Desde la perspectiva empresarial, estas nuevas arquitecturas ofrecen múltiples beneficios para la gestión de sus procesos [8].

Actualmente el Municipio de Medellín no cuenta con un sistema de información para registrar los

resultados que genera el plan de vacunación de los niños de este municipio. En el momento la calidad de la información recolectada por el sistema que hay actualmente no es confiable ya que las validaciones realizadas no arrojan los resultados correctamente, la generación de los datos y reportes presentan un alto margen de error, según reporte del personal a cargo del área de epidemiología del municipio de Medellín. Por las razones anteriores, los resultados del plan de vacunación se deben revisar dos veces manualmente para validar la información [9]. El sistema SISMOVAC consiste en un software en la Web que será el encargado de gestionar toda la información que se generará del área de vacunación del municipio de Medellín, su principal objetivo es la captura de la información por medio de una encuesta desde la fuente (niño) y luego dará como resultado unos indicadores, que son esenciales para la toma de decisiones.

## 2 METODOLOGÍA

El tipo de investigación que se usó en este proyecto fue investigación aplicada o práctica, que tiene por objetivo la generación de conocimiento con aplicación directa a mediano plazo a los problemas en el sector productivo o de la sociedad. Para el desarrollo del sistema web SISMOVAC se utilizó la metodología Orientada a Objetos (ADOO) [10], [11]. Esta metodología modela un sistema como un grupo de objetos que interactúan entre sí. El Lenguaje Unificado de Modelado (UML) se ha vuelto el lenguaje de modelado estándar usado en análisis y diseño orientado a objetos, el cual fue aplicado en el sistema SISMOVAC. Esta metodología (ADOO) fue implementada en el análisis, diseño y construcción del sistema web, permitiendo que el software se construya a partir de objetos de comportamiento específico [10], [11], como se observa en la Fig. 1.

### Análisis y Diseño OO

Algunas de las tareas a realizarse en la etapa de diseño (dominio de la solución) son las siguientes:

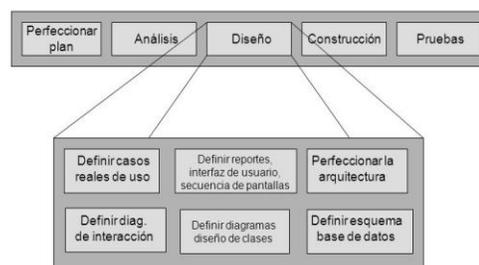
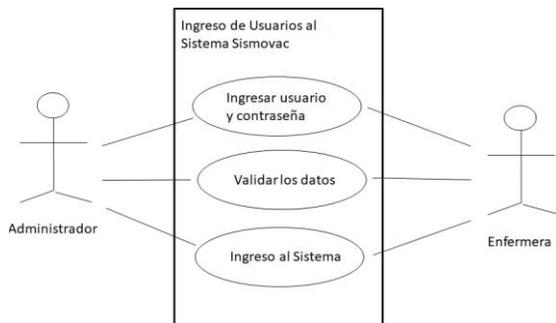


Fig. 1. Metodología Orientada a Objetos [10].

## 2.1 Fase de análisis

En esta fase se realizó una investigación del problema y se definieron los requerimientos del sistema web SISMOVAC, el primer paso en la investigación fue realizar varias entrevistas a las personas que trabajan en el área de vacunación para conocer como era su funcionamiento; en estas entrevistas se hizo el levantamiento de los requerimientos del sistema web, también a partir de la observación se pudo hacer un análisis de cada proceso y de la información que contenía cada proceso y cómo era la gestión de la información que se manejaba en la sección de vacunación.

Se utilizó UML para modelar el sistema web, que consiste en vistas, diagramas, elementos de modelo y un conjunto de mecanismos generales o reglas que indican cómo utilizar los elementos [12], [13]. Las vistas muestran diferentes aspectos del sistema modelado también ligan el lenguaje de modelado a los métodos o procesos elegidos para el desarrollo. Los diagramas son las gráficas que describen el contenido de una vista. Algunos de los diagramas que se hicieron para modelar el sistema web SISMOVAC, fueron los de "Casos de Uso" que muestran la funcionalidad del sistema y como la perciben los actores externos, como se muestra en la Fig. 2:



**Fig. 2.** Caso de Uso que muestra del proceso al ingreso del sistema SISMOVAC y los actores intervienen en dicho proceso.

## 2.2 Fase de Diseño

En esta fase se definieron los objetos lógicos del sistema web SISMOVAC, que después fueron implementados en un lenguaje de programación orientado a objetos. En esta fase se llevaron a cabo representaciones de las estructuras de datos del programa, de la interfaz y detalles procedimentales tomados de la especificación de requisitos del sistema.

El diseño del software SISMOVAC se resume en los siguientes pasos: 1. Diseño lógico para la comprensión de los objetos del negocio y sus servicios, la identificación de las dependencias entre objetos, la definición de las interfaces y la revisión del contenido de la base de datos, usando diagramas UML (Lenguaje de modelamiento unificado, por sus siglas en inglés). 2. Construcción del modelo entidad relación para la base de datos, estableciendo aspectos físicos de ella como los rangos y longitudes de cada campo. 3. Diseño arquitectónico para identificar los subsistemas y su infraestructura de control e intercomunicación de datos. 4. Definición de la interfaz de usuario y el diseño de ayudas, como se observa en la Fig. 3.

En la fase de diseño también se construyó el modelo de diseño donde se realizó una formalización al modelo de análisis obtenido en la fase anterior obteniendo como resultados especificaciones detalladas de todos los objetos, incluyendo sus operaciones y atributos como requisitos de rendimiento, necesidades de tiempo real, concurrencia y manejo de bases de datos.

Basados en las fases previas se realizaron las actividades del diseño de modelo de datos y la generación de prototipos de la interfaz gráfica de la aplicación. De esta manera se exploró y se diseñó la arquitectura tecnológica del sistema como se muestra en la Fig. 4, sirviendo como base para la evaluación de rendimiento y espacio para pruebas de redundancia e inconsistencias.

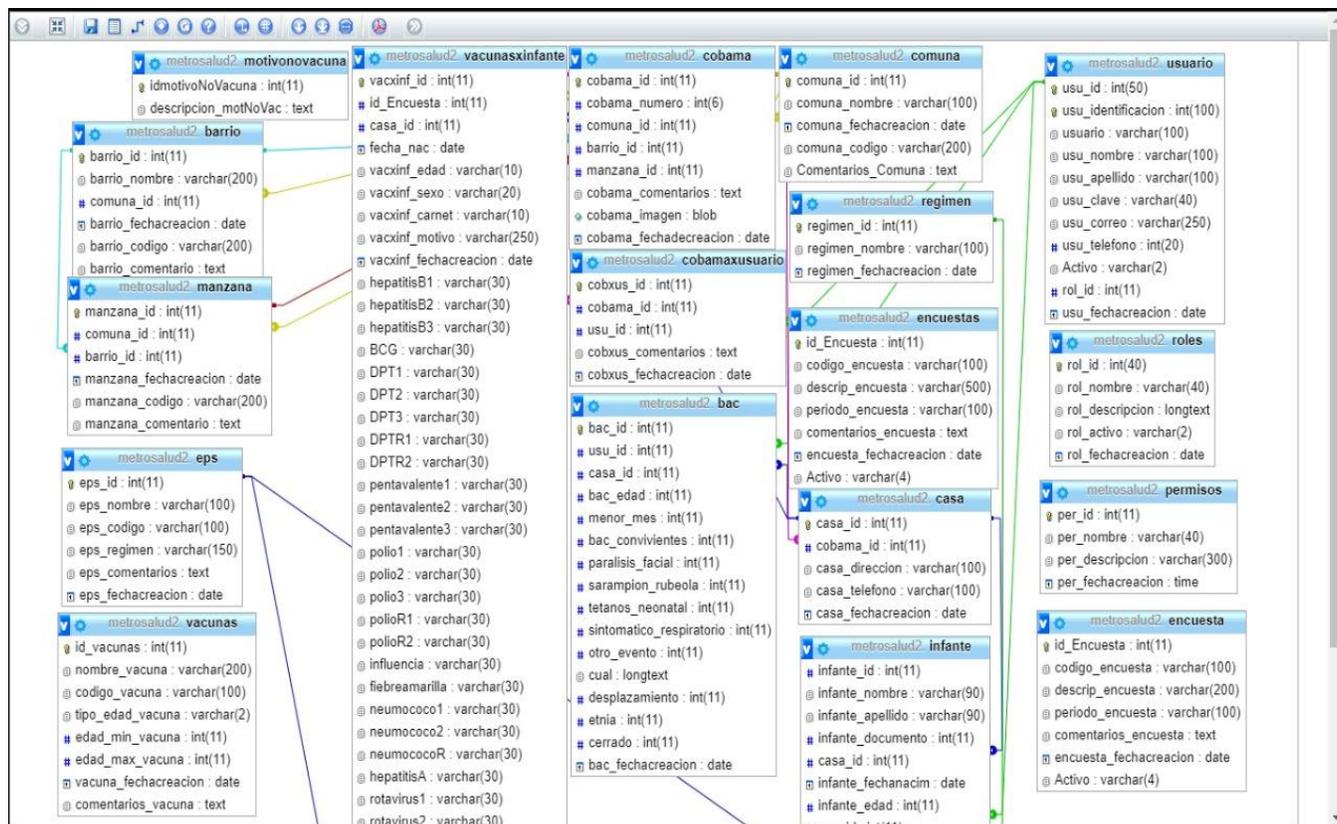


Fig. 3. Diseño de la base de datos del sistema Sismovac.

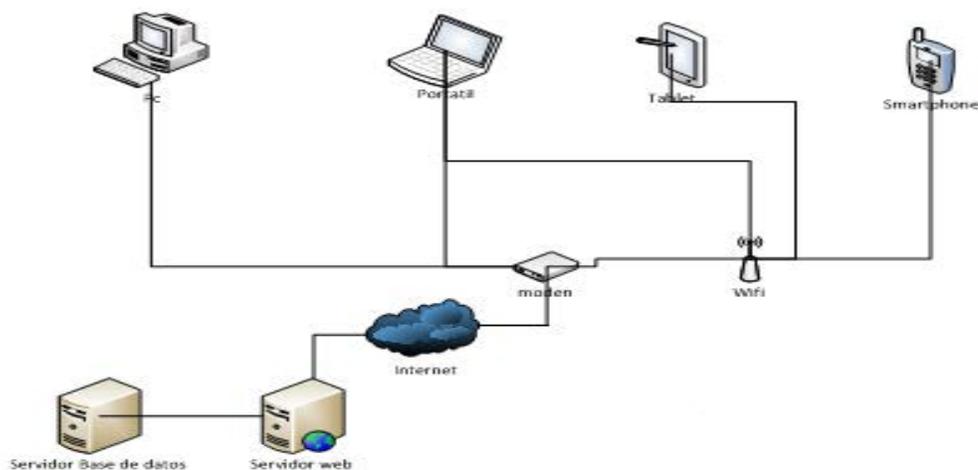


Fig. 4. Diseño Arquitectónico del Sistema Sismovac.

Se transformó el análisis a una arquitectura particular y detallada del procedimiento de todos los requisitos del sistema, donde las condiciones dadas durante el análisis se reemplazaron por requisitos del ambiente de implantación particular, contestando la pregunta del ¿cómo? del sistema.

Para el diseño del sistema web se utilizó Dreamweaver CS3. Esta es una herramienta que

sirve para agregar diseño y funcionalidad a las páginas web, también se usó el *Framework Bootstrap* al igual que el *Plugin JQuery* que permite crear interfaces web con CSS y JavaScript, cuya particularidad es la de adaptar la interfaz del sitio web al tamaño del dispositivo en que se visualice ya sea en *smartphones* o en *tabletas*.

## 2.3 Fase de implementación

Después de realizar el diseño del software, se pasó a ejecutar la codificación de este. El diseño de objetos se convirtió en el código de la fuente de la aplicación, a su vez cada una de estas fases se dividió en tareas como modelos de objetos dinámicos y funcionales, adaptándolos al lenguaje de programación y a la base de datos de acuerdo a la especificación del diseño y según las propiedades del lenguaje de implementación y base de datos que se eligió para trabajar.

La fase de codificación del sistema web fue implementada siguiendo los lineamientos dados por el área de TI del municipio de Medellín; como fue el lenguaje de programación para el desarrollo del proyecto que debería de ser en *Java Web* combinado con Javascript, para la base de datos se usó MySQL, las interfaces de los usuarios fueron diseñadas en ambiente *Web* como Html5 (Siglas en inglés de *Hyper Text Markup Language*, versión 5) y Dreamweaver CS3 (versión 3). Se eligió una arquitectura de software basada en Web para maximizar la accesibilidad y reducir al mínimo los requisitos de hardware del usuario final y del software del sistema operativo.

## 2.4 Fase de pruebas

En esta fase se migró la información que había en la base de datos sistema anterior y se copió en la base de datos de SISMOVAC. Después de tener datos reales en el sistema se realizaron pruebas que garantizaron eficientemente el cumplimiento de los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación y la calidad del sistema desarrollado. Durante esta fase se realizaron diferentes pruebas al sistema SISMOVAC como fueron: pruebas de funcionalidades, pruebas de seguridad, pruebas de experiencia de usuario, pruebas de resistencia y por último pruebas de compatibilidad, estas pruebas se hicieron por medio de verificaciones, validaciones y aplicando técnicas de regresión, operación, rendimiento, sobrecarga [14], [15], entre otras, como se aprecia en la Fig. 4.

## 3 RESULTADOS Y ANÁLISIS

El sistema web SISMOVAC se implementó en 6 meses basados en la necesidad tecnológica que existía en el área de vacunación del municipio de Medellín, donde se presentaban problemas con la captura y recolección de la información del plan de vacunación de la ciudad de Medellín. Este problema se presentaba desde hace varios años que adquirieron un software para gestionar la información

de las encuestas y que tenía problemas con el diseño de la base de datos.



Fig. 4. Pruebas para el desarrollo de un software.

Lo primero que se hizo fue analizar la calidad de la información del sistema que estaban usando actualmente y se comprobó que no era confiable porque se tomaron los resultados de varias encuestas y se sacaron los informes correspondientes y se comprobó que los resultados de los informes no eran reales porque la información que se guardaba de las encuestas no coincidía con la información que debería salir en los informes. La aplicación SISMOVAC desarrollada en este proyecto cumple con el objetivo principal, mejorando el proceso de la captura y gestión de la información y también en la generación de los reportes la información que muestra es confiable para la toma de decisiones.

Como resultado se obtuvo SISMOVAC una aplicación web para gestionar la información del plan de vacunación. Para la captura de la información el sistema genera una encuesta donde se registra toda la información de los niños y sus vacunas. La encuesta está dividida en 3 partes, en la primera parte se registra la información relacionada con la encuesta, en la segunda parte de la encuesta se almacena la información básica del niño y la tercera parte de la encuesta se almacena la información del plan de vacunación del niño. Después de guardar la encuesta, esta puede ser consultada para su actualización o se puede eliminar si hay algún error. El sistema web también tiene un módulo de Reportes, el cual genera 5 reportes que son: los infantes encuestados, distribución de la tenencia de carnet por grupos de edad, población encuestada por grupos de edad, zona y comuna, y vacunas por infante. La información de los reportes se puede ver directamente en el sistema y también se puede visualizar en gráficas o exportar a Excel.

A continuación se muestra de forma general las características principales del aplicativo desarrollado.

### 3.1 Registro en el sistema

Para usar el sistema web SISMOVAC, el usuario primero debe registrarse, esto consiste en llenar un formulario con algunos datos básicos, como se muestra en la Fig. 5.

Fig. 5. Imagen del sistema SISMOVAC para el registro de usuario.

### 3.2 Acceso

Luego del registro, el usuario puede tener acceso a la aplicación. El acceso al sistema SISMOVAC, se debe hacer desde un navegador de internet como: Mozilla Firefox, Google Chrome, Internet Explorer, Opera, Netscape, entre otros. En la barra de direcciones se digita [www.sismovac.com.co](http://www.sismovac.com.co). La Fig. 6 es una imagen de una captura de pantalla en la cual se observa el formato de ingreso donde se puede acceder al aplicativo.

Fig. 6. Imagen del sistema SISMOVAC para el ingreso a la aplicación.

### 3.3 Inicio

Luego que el usuario autorizado ingresa al sistema, se observa un menú que se despliega en la parte izquierda de la pantalla y que contiene las siguientes opciones: Gestión Encuestas, Gestión de Usuarios, Gestión de EPS, Gestión de Manzanas, Gestión de Casas, Gestión Registro COBAMA, Gestión COBAMA/ Usuario, Gestión Encuesta Niños e Informes, como se ve en la Fig. 7.

Fig. 7. Imagen del sistema SISMOVAC al inicio de la aplicación.

### 3.4 Opciones del menú

#### 3.4.1 Gestión de encuestas

Esta opción le permite al usuario registrar los datos que van a identificar la encuesta. Estos se refieren al código, descripción, período y comentarios de esta, como se ve en la Fig. 8.

Fig. 8. Imagen del sistema SISMOVAC para registrar una nueva encuesta.

### 3.4.2 Gestión de encuestas niños

En esta opción se almacenan los datos básicos del niño y después se da clic en el botón Generar Encuesta, como se ve en la Fig. 9.

Fig. 9. Imagen del sistema SISMOVAC para el registro de los datos del niño.

Una vez son registrados los datos del niño, el sistema genera la encuesta sobre el plan de vacunación, como se ve en la Fig. 10.

Vacuna	Dosis	SI/NO	Fecha vacuna	Motivo no vacuna
Hepatitis B	Primera			
	Segunda			
	Tercera			
Difteria	Primera			
	Segunda			
	Tercera			
	Cuarta			
Pentavalente	Primera			
	Segunda			
	Tercera			
	Cuarta			

Fig. 10. Imagen del sistema SISMOVAC, encuesta donde se registra el plan de vacunación del niño.

Después de realizada la encuesta, el usuario puede consultarla y revisarla, también tiene la opción de Eliminarla como se muestra en la Fig. 11.

Fig. 11. Imagen del sistema SISMOVAC, revisión de encuestas registradas.

### 3.4.3 Informes

En esta opción, el usuario podrá consultar cinco diferentes tipos de reportes: los infantes encuestados, distribución de la tenencia de carnet por grupos de edad, población encuestada por grupos de edad, zona y comuna, y vacunas por infante, como se ve en las Fig. 12 y 13. La información de los reportes también se puede visualizar en gráficas o exportar a Excel.

Fig. 12. Imagen del sistema SISMOVAC, informe de una encuesta, zona y comuna de los encuestados.

Fig. 13. Imagen del sistema SISMOVAC, informe de una encuesta, vacunas por infante y datos del niño encuestado.

#### 4 TRABAJO FUTURO

El principal objetivo futuro que se plantea es obtener resultados cuantitativos de la implementación y operación real del software y realizar evaluaciones técnicas y económicas, y tomas de tiempo, de este modo categorizar el nivel de aceptación y visto bueno por parte de la entidad.

Dentro de los trabajos futuros en este proyecto, pueden destacarse varias vertientes: una de ellas es la mejora de la interfaz gráfica, con ayuda de una persona especialista es posible lograr un acabado visual más profesional. Otro de los aspectos a mejorar es el de la aplicabilidad, en la actualidad el programa está diseñado para el uso del personal de vacunación del municipio de Medellín; sin embargo, se podría actualizar para que los usuarios (padres de los niños vacunados) puedan consultar su historial de vacunación. Para lograrlo, se debe implementar una capa de seguridad más exhaustiva.

#### 5 CONCLUSIONES

Se logró diseñar y desarrollar una herramienta segura y confiable capaz de gestionar la información correspondiente al plan de vacunación del municipio de Medellín, denominada SISMOVAC, su principal objetivo es la captura de la información por medio de una encuesta desde la fuente (niño) y luego dará como resultado unos indicadores y unos reportes, que son esenciales para la toma de decisiones de forma asertiva.

Para el desarrollo del sistema web fue crucial llevar a cabo un análisis de las necesidades y oportunidades en el área de vacunación que resultó de las entrevistas y reuniones con el personal encargado de esta área, por lo tanto, se logró especificar los requisitos mínimos que debía tener la aplicación. El

proceso de desarrollo se llevó a cabo teniendo en cuenta el ciclo de vida del software que permitió adaptarse a las reglas de negocio y factibilidades tecnológicas con el fin de garantizar un proceso sistemático.

El tiempo de implementación del sistema SISMOVAC fue en 6 meses, pero gracias a ello se obtuvo un sistema que se caracteriza porque los costos de mantenimiento son muy bajos, permite la optimización de procesos del área de vacunación del municipio de Medellín porque es un complemento eficaz para el proceso de recolección y análisis de información organizacional.

#### AGRADECIMIENTOS

Se agradece al aprendiz David Muñoz Mazo del programa tecnólogo en Análisis y Desarrollo de sistemas de información, integrante del semillero de investigación BIOMATIC, que ejecutó este proyecto; a la instructora Margarita María Álvarez del mismo programa de formación y asesora del proyecto; al Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación SENNOVA que motiva la ejecución de proyectos de investigación y en particular para el área de epidemiología del municipio de Medellín por permitir conocer sus procesos, brindar el apoyo y la información necesaria para el desarrollo del proyecto, logrando así un trabajo interdisciplinario y al mismo tiempo interinstitucional.

#### REFERENCIAS

- [1] O. Ianni, *La sociedad global*, Siglo XXI. México D.F., 1998.
- [2] K. C. Laudon and J. P. Laudon, *Sistemas de información gerencial*. México: Pearson education, 2012.
- [3] L. Arteaga, "Importancia de los sistemas de soporte a la decisión," 2004. [Online]. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/importancia-sistemas-soporte-decision/>. [Acceso: 22-Sep-2016].
- [4] V. W. Sanchez, E. L. Hung, K. C. Díaz, and I. D. Zapata, "Automatización de datos para uso de estudiantes del Sistema de Información en Salud," *MEDISAN*, vol. 17, no. 2, 2013.
- [5] M. de los Ángeles López, D. Ester Albanese, and M. Analía Sánchez, "Gestión de riesgos para la adopción de la computación en nube en entidades financieras de la República Argentina," *Contaduría y Adm.*, vol. 59, no. 3, pp. 61–88, Oct. 2014.
- [6] Ó. Ávila, "Computación en la nube," *ContactoS*, vol. 80, pp. 45–52, 2011.

- [7] J. Tahuiton, "Arquitectura de software para aplicaciones Web," Instituto Politécnico Nacional, 2011.
- [8] ORACLE, "Gestión de procesos de negocio, arquitectura orientada a servicios y web 2.0 ¿transformación de negocios o problemática global?" ORACLE, pp. 1–26, 2008.
- [9] E. Oviedo and A. Fernández, *Tecnologías de la información y la comunicación en el sector salud: oportunidades y desafíos para reducir inequidades en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: CEPAL, 2012.
- [10] A. Weitzenfeld, "Desarrollo de Software Orientado a Objetos," in *Ingeniería de software orientado a objetos*, Thomson, 2004, pp. 1–46.
- [11] F. J. García and C. Pardo, "Introducción al análisis y diseño orientado a objetos." [Online]. Disponible en: [https://repositorio.grial.eu/bitstream/grial/265/1/ADO\\_O.pdf](https://repositorio.grial.eu/bitstream/grial/265/1/ADO_O.pdf). [Acceso: 08-Sep-2016].
- [12] I. Blanco and M. A. Almudéver, "Modelado de aplicaciones Web mediante UML," *Facultad de informática - Universidad Politécnica de Valencia*. [Online]. Disponible en: [https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEeeQmcDTAhVCOSYKHQ9tDmoQFggjMAA&url=http%3A%2F%2Fusers.dsic.upv.es%2Fasignaturas%2Ffacultad%2Fisi%2Ftrabajos%2F182000.doc&usg=AFQjCNHTpGVGP3qW--k5jmlMjWi8\\_5pWwQ&sig2=8qE320uk29S-5AfSUZ8pvA](https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEeeQmcDTAhVCOSYKHQ9tDmoQFggjMAA&url=http%3A%2F%2Fusers.dsic.upv.es%2Fasignaturas%2Ffacultad%2Fisi%2Ftrabajos%2F182000.doc&usg=AFQjCNHTpGVGP3qW--k5jmlMjWi8_5pWwQ&sig2=8qE320uk29S-5AfSUZ8pvA). [Acceso: 22-Oct-2016].
- [13] R. Marmolejo, "Aplicación Web con UML." [Online]. Disponible en: <https://blogricardo.files.wordpress.com/2008/11/trabajo.pdf>. [Acceso: 15-Sep-2016].
- [14] It-Mentor, "Pruebas de software." [Online]. Disponible en: <http://materias.fi.uba.ar/7548/PruebasSoftware.pdf>. [Acceso: 20-Sep-2016].
- [15] J. H. Abad, "Tipos de pruebas de software," *Ingeniería de software*, 2005. [Online]. Disponible en: <http://ing-sw.blogspot.com.co/2005/04/tipos-de-pruebas-de-software.html>. [Acceso: 10-Oct-2016].



# Desarrollo de estación de carga de vehículos eléctricos

## *Development of a charging station for electric vehicles*

**José Valentín Antonio Restrepo Laverde, MsC.**  
*Docente Investigador*  
Universidad Pontificia Bolivariana, UPB  
Medellín, Colombia  
[Josev.restrepo@upb.edu.co](mailto:Josev.restrepo@upb.edu.co)

**Diego Alejandro Tobón Ramírez, Ing.**  
*Universidad Pontificia Bolivariana*  
Medellín, Colombia  
[diegoa.tobon@upb.edu.co](mailto:diegoa.tobon@upb.edu.co)

(Recibido el 28-07-2017, Aprobado el 23-11-2017, Publicado el 16-01-2018)

Estilo de Citación de Artículo:

J.V. Restrepo, D. Tobón, "Desarrollo de estación de carga de vehículos eléctricos", Lámpsakos, no. 19, pp 22-29, 2018  
DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2532>

**Resumen** - Se presenta el desarrollo de una estación de carga para vehículo eléctrico, comenzando por la búsqueda de similitudes en patentes de desarrollos afines. Se dan a conocer algunos conectores usados para cargar vehículos eléctricos con su respectiva distribución de pines, quién lo desarrolló, dónde se desarrolló y se mencionan algunos vehículos que incorporan tales conectores. El conector elegido para la estación de carga fue el estándar SAE J1772. El funcionamiento de la estación se da a partir de la integración de cinco módulos que se encargan de llevar a cabo el proceso de carga y la transmisión y recepción de información a través de diferentes protocolos de comunicación. Adicionalmente, se detalla el funcionamiento de la estación de carga y del hardware utilizado para la elaboración de esta.

**Palabras clave:** Conector, módulos, Vehículo eléctrico.

**Abstract** - The development of a EV charging station is presented, starting with a search for similarities in related development patents. Some connectors used to charge electric vehicles are reported giving their respective pin distribution, who developed it, where it was developed and some vehicles which integrate it. The connector chosen for the charging station was the standard SAE J1772. The operation of the station is the product of the integration of five modules that are responsible for carrying out different activities of the charging process and the transmission and reception of information through different communication protocols. Details of the operation of the charging station and the hardware used to build it are given.

**Keywords:** Connector, modules, electric vehicle.

## 1 INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos, la masificación de los automóviles con motores de combustión ha generado una gran contaminación por la producción de gases como el monóxido de carbono, los residuos de hidrocarburos y el óxido de nitrógeno. Esto ha provocado cambios en el clima de nuestro planeta y ha dado paso a una serie de consecuencias que impactan de forma negativa al ambiente y a la calidad de vida de las personas. Es aquí donde surge la necesidad de realizar un cambio en el modo de transportar a las personas mediante el aprovechamiento de las tecnologías que aporten al desarrollo de los vehículos eléctricos.

Uno de los inconvenientes de los vehículos eléctricos es la capacidad de su batería. Ésta les impide a los autos eléctricos obtener una autonomía similar a la de sus pares de combustión a pesar de ser más eficientes en par motor y torque al arrancar. Una de las formas de solucionar este inconveniente es mejorar la capacidad de las baterías. Pero es un proceso lento y con altos costos en la investigación. Mientras tanto, la otra opción es facilitar los puntos de recarga para los automóviles actuales.

Como ingenieros tenemos la responsabilidad de innovar y de mejorar los productos y bienes para el servicio de la sociedad y el mejoramiento de la calidad de vida. Por ende, el siguiente artículo pretende ilustrar el desarrollo y los componentes necesarios para construir una estación de carga que hace más conveniente el uso de los autos eléctricos. En esta estación, el usuario tiene la posibilidad de controlar y vigilar la carga de su automóvil. Los autos eléctricos son uno de los avances

tecnológicos más importantes, ya que tienen un gran potencial no solo por ser amigables con el medio ambiente sino también por su eficiencia. De allí la importancia de crear una estación donde se pueda cargar la batería de estos vehículos, que sirva para crear para el usuario un espacio óptimo donde se pueda hacer seguimiento al proceso de carga desde el lugar que éste desee.

El interés sobre el desarrollo de puntos de carga para vehículos eléctricos es el foco de muchos investigadores pues en un futuro el petróleo cambiará su rol en la economía debido a diferentes circunstancias y la búsqueda de otros medios de transporte es necesaria. Algunas investigaciones evidencian que las estaciones de carga y la incorporación de los vehículos eléctricos al mercado está cada vez más cerca y existen los elementos necesarios para suplir una futura necesidad de suministrar carga de vehículos eléctricos [1] [2] [3].

Este artículo se divide de la siguiente manera: sección 2, estado del arte donde se compara la estación de carga desarrollada con algunas patentes relacionadas, sección 3, se da información sobre algunos conectores usados para cargar vehículos eléctricos y sus respectivas distribución de pines, sección 4, describe el hardware de los cinco módulos que se integraron en la estación de carga, sección 5, explica en detalle el funcionamiento de la estación de carga y en la sección 6 se presentan las conclusiones del artículo.

## 2 ESTADO DEL ARTE.

En la actualidad existen diferentes desarrollos alrededor de los cargadores de vehículos eléctricos. Por un lado, existe un desarrollo de un cargador modular integrado que incorpora diferentes elementos como una sección de potencia con su controlador, una interfaz de usuario y diferentes sensores para medir las potencias entregadas [4]. Es de resaltar en ésta los diferentes elementos que se asimilan como la pantalla táctil y las detecciones de falla en toda la etapa de carga.

En la búsqueda a nivel de patentes se encontró otra que además de incorporar el sistema de carga, tiene a su haber un control de parqueo (parquímetro), con capacidad de recibir pago desde monedas o sistemas electrónicos [5]. Incorpora diferentes protocolos de comunicación y capacidad de interacción con el usuario comprendiendo una estrecha relación con el cargador que se desarrolló.

Del mismo modo se encontró un sistema de bloqueo para el conector de carga de vehículos eléctricos. El fin es bloquear y desbloquear el conector de carga del cable de carga de vehículo eléctrico por medio

de módulos de control y sensores [6]. El cargador desarrollado contiene una aplicación similar a partir de un módulo de control.

Algunos modelos de estaciones de carga cuentan con un sistema inteligente que permite la carga de vehículos eléctricos, según las preferencias del usuario en cuanto al tiempo de carga, coste de carga y capacidad de potencia de la estación de carga [7]. Éste se asemeja al cargador desarrollado en su interacción con el usuario y la conectividad a la red eléctrica.

Por otro lado, se encontró una patente que incluye un sistema desmontable para la estación de carga, una pantalla táctil y un transmisor inalámbrico [8], siendo la comunicación inalámbrica una de las características principales usadas en el cargador pues es la manera más óptima para interactuar con el usuario y con los sistemas de información.

## 3 TIPOS DE CONECTORES

### 3.1 Tipo J1772

Según la geografía y los avances en la construcción de vehículos eléctricos, existen varios tipos de conectores, procesos de carga y especificaciones para la construcción de cargadores. Uno de los primeros estándares fue el Conector SAE J1772 o tipo 1 acorde la norma IEC 62196-2. Es un estándar japonés que fue adoptado por los americanos y europeos [9]. Cuenta con un borne de tierra, dos bornes de corriente y dos bornes para comunicación. Dicha distribución de pines se presenta en la Fig. 1, donde L es el puerto para una línea, N es la otra línea o el neutro, PP el puerto de proximidad, CP el piloto de control y PE el puerto de tierra [10]. Su desarrollo se originó a partir de la Junta de Recursos del Aire de California al querer mejorar la manera en que se cargaban los vehículos eléctricos anteriormente.

Algunos modelos de vehículos eléctricos con este tipo de conector son; Peugeot Ion, Nissan Leaf, BMW i3, Chevrolet Volt, Toyota Prius Plug-in hybrid, entre otros.

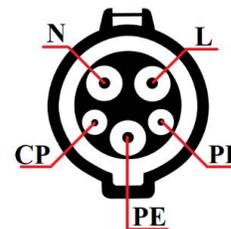


Fig. 1. Distribución de pines del conector J1772, vista posterior, figura editada [11].

### 3.2 Conector IEC 62196-2.

La reconocida multinacional Mennekes por su calidad en producción de materiales eléctricos industriales propuso en el año 2009 el conector tipo 2 acorde la norma IEC 62196-2, el cual fue llevado a pruebas y estandarizado por la Asociación Alemana de la Industria Automotriz. Este conector europeo fue diseñado para proporcionar corriente alterna tanto monofásica como trifásica. Dependiendo de su conexión puede proporcionar 16 amperios para carga lenta o 63 amperios para carga rápida. Además, dispone de cuatro bornes de alimentación, un borne de tierra y dos bornes de comunicación, esta distribución de pines se puede apreciar en la Fig. 2, donde L1, L2, L3 y N corresponden a la conexión a la red trifásica y neutro, PP el puerto de proximidad, CP el piloto de control y PE el puerto de tierra. Siendo seleccionado por la Comisión Europea como conector de carga oficial para la Unión Europea es empleado en vehículos como: Peugeot Ion, Tesla Roadster, Citroën C-Zero y Renault Zoe.

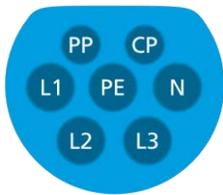


Fig. 2. Distribución de pines del conector IEC 62196-2.

### 3.3 Conectores COMBO

Debido al resurgimiento del interés por la implementación de vehículos eléctricos en el mercado surgió la necesidad de desarrollar mejoras a los conectores previamente diseñados de manera que los estándares de conectores previos sigan siendo útiles. Por ello, se adaptó al conector una extensión para permitir el paso de energía en CD. Fabricantes de automóviles norteamericanos y europeos implementaron en los vehículos eléctricos el sistema de carga combinado para cargar en corriente continua.

Este tipo de conectores combina un método de carga rápida entregando corriente continua de alto voltaje, además permiten hasta 600 voltios y 200 amperios. La distribución de pines de los estándares de carga combinada tipo 1 y tipo 2 se muestran en las Fig. 3 y Fig. 4, donde L1, L2 y L3 son para el paso de energía, N puede ser otra línea de energía o el neutro, PP el puerto de proximidad, CP el piloto de control, PE el puerto de tierra y DC+ y DC- corresponden a la conexión a corriente continua [12].

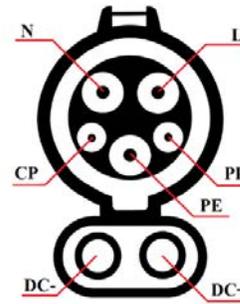


Fig. 3. Distribución de pines del CCS1, vista posterior, imagen editada [13].

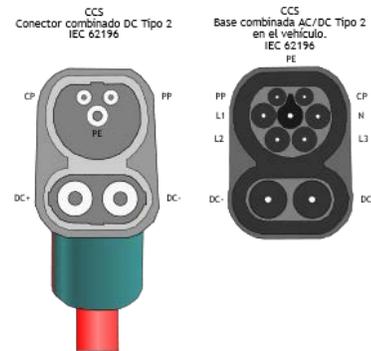


Fig. 4. Distribución de pines del conector COMBO 2 [14].

### 3.4 Conector CHAdeMO

La asociación CHAdeMO conformada por Nissan, Mitsubishi, Fuji heavy Industries, The Tokyo Electric Power Company y Toyota [15] desarrolló el conector CHAdeMO o tipo 4 acorde la norma IEC 62196-3. Éste fue diseñado para cargar vehículos eléctricos en corriente continua a muy alta velocidad. Tiene capacidad de suministrar hasta 62.5kW para cargar un automóvil en menos de media hora o inclusive en menos de quince minutos en su modo de carga ultrarrápida.

El conector incluye dos pines de potencia, siete pines de señal y uno sin asignación. El pin 1 es la referencia de tierra para el aislamiento del monitor. El pin 2 es para un relé de control. El pin 3 no tiene asignación. El pin 4 es la señal de control "listo para carga". Los pines 5 y 6 son DC- y DC+ respectivamente. El pin 7 es de detección de proximidad. Los pines 8 y 9 son para comunicaciones y el pin 10 es para otro relé de control [12]. En la Fig. 5 se puede apreciar la distribución de pines.

Este estándar japonés es utilizado en vehículos eléctricos como: Peugeot Ion, Nissan Leaf y Kia Nuevo Soul Electric-ChaDeMo.

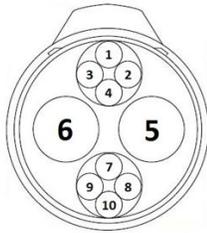


Fig. 5. Distribución de pines del conector CHAdeMO [16].

## 4 DESCRIPCIÓN HARDWARE

La estación de carga cuenta con cinco módulos que son: módulo de integración, módulo de comunicaciones, módulo de pantalla, módulo de carga y módulo de fuentes. Éstos se comunican entre sí a través de diferentes protocolos de comunicación, entre ellos I2C y SPI. Además, cuentan con conexión a la red celular y a WIFI con el fin de facilitar al usuario la operación de carga y el proceso de pago de ésta. En la Fig. 6 se muestra el diagrama de bloques con la conexión correspondiente a la integración de los módulos con su respectivo protocolo de comunicación.

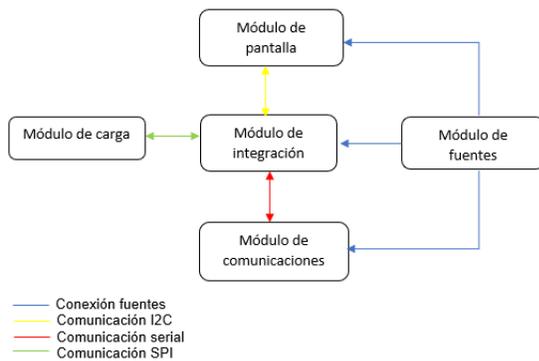


Fig. 6. Diagrama de bloques de la interacción entre los módulos

### 4.1 Módulo de integración

El hardware del módulo de integración está compuesto por un microprocesador encargado de coordinar toda la información que debe ser recibida y transmitida desde el módulo de la pantalla y el módulo de comunicaciones, un circuito para conexión USB que se usará para programar el microcontrolador, dos pulsadores uno para BOOT y otro para RESET, tres indicadores luminosos y puertos para la comunicación con el módulo de pantalla a partir de I2C y para el módulo de comunicaciones mediante UART y conexión a fuente de alimentación.

### 4.2 Módulo de comunicaciones

El hardware del módulo de comunicaciones está compuesto por un microcontrolador que recibe y transmite datos al módulo de integración, un módulo celular para enviar un mensaje al usuario una vez haya finalizado la carga y un módulo Wifi para tener conexión a un servidor web donde se dispone de la información de todos los usuarios. También cuenta con un puerto USB para programar el microcontrolador, un pulsador de RESET y un MAX232 para hacer la interface entre el microcontrolador y el módulo celular.

### 4.3 Módulo de la pantalla

Para el módulo de la pantalla se implementó el microcontrolador kinetis KL02. Éste tiene como función recibir los comandos del teclado y transmitirlos al módulo de integración. Además, recibe los datos desde el módulo de integración para cambiar los datos que muestra la pantalla. Posee también leds y pulsadores, una pantalla táctil, conexión a fuente de alimentación con un circuito de protección y puertos para establecer la comunicación con el módulo de integración.

### 4.4 Módulo de carga

El hardware del módulo de carga cuenta con un microprocesador encargado de monitorear y controlar el estado de conexión o desconexión del vehículo. Gestiona el suministro de energía que se le entrega al auto. Controla dos relés para habilitar y detener la carga, leds indicativos, y circuitos de aislamiento eléctrico para SPI, PWM y puertos análogos. Adicionalmente tiene conectores para la comunicación con el módulo de integración por medio de SPI. Finalmente cuenta con sensores de voltaje y corriente, conexión a fuente de alimentación y los reguladores de voltaje necesarios para su buen funcionamiento.

### 4.5 Módulo de fuentes

Este módulo cuenta con un circuito verificador de fase el cual se encarga de chequear las líneas de transmisión y la tierra del cargador, también incluye un relé que al verificarse las condiciones de las líneas de transmisión y tierra del cargador conmuta y permite que el resto del circuito se energice, además cuenta con diodos para rectificar la señal y reguladores de voltaje a partir de los cuales se alimentarán los demás módulos.

## 5 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA ESTACIÓN DE CARGA

El proceso para el uso del cargador comienza desde el chequeo de las fases y las tierras dando la validación por medio de un Led verde, el proceso realizado por el módulo de fuentes se describe en el diagrama de bloques de la Fig. 7. Una vez validada la conexión eléctrica, el módulo de integración está listo para recibir la información que los demás módulos le enviarán.

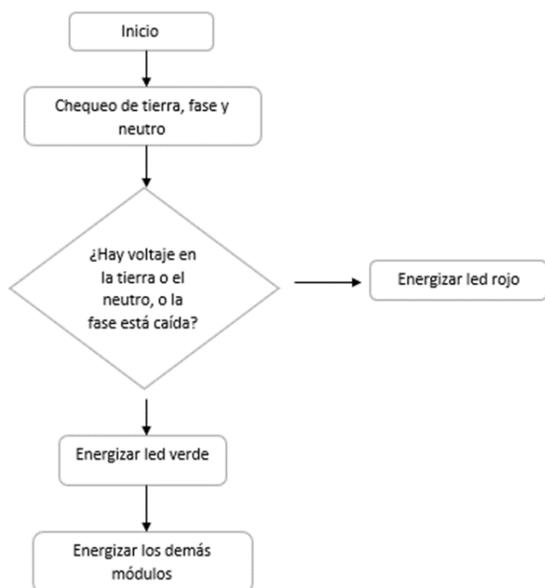


Fig. 7. Diagrama de bloques del módulo de fuentes.

Al acercarse el vehículo en la estación de carga el usuario debe comenzar con el proceso de carga por medio del módulo de la pantalla en donde debe presionar el botón de inicio. Una vez haya presionado el botón, el módulo de integración enviará la orden al módulo de pantalla para que cambie desde el cuadro 1 al cuadro 2, la especificación de los cuadros se indica en la Tabla 1. En la Fig. 8 se muestra el procedimiento que realiza el módulo de pantalla.

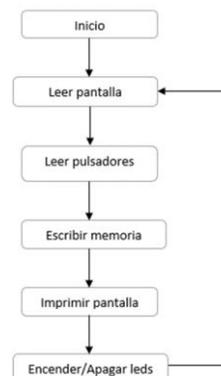


Fig. 8. Diagrama de bloques del módulo de pantalla

Cuando el cuadro 2 está activo, el usuario debe ingresar su nombre de usuario y contraseña. La información se transmitirá por medio de I2C al módulo de integración, el cual inmediatamente después enviará dicha información al módulo de comunicaciones.

El módulo de comunicaciones, al recibir la información de usuario y contraseña, inicializa un módulo Wifi a través de comunicación SPI. Luego que se establezca conexión con un servidor web donde se encuentra la base de datos con la información de cada usuario, se valida el nombre de usuario y la contraseña previamente recibida. El diagrama de bloques de la Fig. 9 enseña el proceso que realiza dicho módulo.

Una vez validado el nombre de usuario y la contraseña, el módulo de comunicaciones transmite al módulo de integración un comando de validación. Este último módulo le transmite al módulo de pantalla una orden en donde se indica que debe cambiar al cuadro 3 la cual le indica al usuario que puede conectar el vehículo. Si el usuario no conecta el vehículo una vez indicado en un tiempo límite se anula el proceso de carga y se vuelve al cuadro 1. De lo contrario, si la carga inicia el módulo de integración ordena al módulo de pantalla imprimir el cuadro 4 que indica la cantidad de voltaje y corriente suministrados.

TABLA 1. ESPECIFICACIÓN DE CUADROS

Pantalla	Información
Cuadro 1	Pantalla de bienvenida y opción de iniciar proceso
Cuadro 2	Peticion de usuario y contraseña
Cuadro 3	Instrucción de conectar el vehículo
Cuadro 4	Impresión de letrero de cargando y el voltaje y la corriente
Cuadro 5	Impresión de Error de Carga
Cuadro 6	Impresión de dinero a pagar

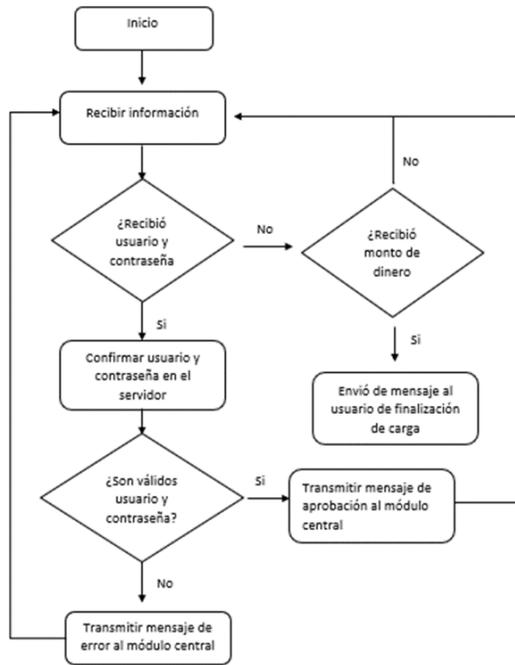


Fig. 9. Diagrama de bloque del módulo de comunicaciones

Al estar el vehículo conectado, el módulo de carga comienza su operación analizando el estado del proceso de carga. Los estados del vehículo se presentan en la Tabla 2. Estos estados varían respecto al momento en el proceso de carga, donde los estados dependen de la conexión del vehículo, la validación de carga, la carga misma y finalización del proceso. Además, hace las mediciones de voltaje y corriente que dan información del proceso, verifica la conexión de tierra, proporciona una señal de PWM e indica la corriente máxima que puede entregar a la carga. Según la información del vehículo se puede empezar el proceso de carga.

Cuando el vehículo está listo para iniciar el proceso, el módulo de carga señala al primero, generando una señal de PWM, para el caso específico del vehículo utilizado, con un duty-cycle del 20%, para indicar la capacidad de transferencia de carga. Por otro lado, el módulo de carga mide voltaje y corriente, datos que transmite al módulo de integración y de éste al módulo de comunicaciones.

El módulo de integración le comunica al módulo de carga cuando iniciar y finalizar la carga. Esto depende de la cantidad de kW o del monto de dinero que ingreso el usuario.

El módulo de carga cuenta con protección contra aumentos de corriente y caídas de voltaje con el fin de mantener una carga segura y garantizar el buen estado de la estación de carga y del vehículo.

TABLA 2. ESTADOS DEL VEHÍCULO [10]

Designación del estado del vehículo	Voltaje (vdc Nominal)	Descripción del estado del vehículo
Estado A	12.0	Vehículo no conectado
Estado B	9.0	Vehículo conectado / no está listo para aceptar energía
Estado C	6.0	Vehículo conectado / listo para aceptar energía / no se requiere ventilación en el área de carga interna
Estado D	3.0	Vehículo conectado / listo para aceptar energía / requiere ventilación en el área de carga interna
Estado E	0	EVSE desconectado, poder de utilidad no disponible, u otro problema de EVSE
Estado F	-12.0	EVSE no disponible, u otro problema de EVSE

La carga finaliza, sea porque la batería alcanzó su totalidad de carga o se haya suministrado la cantidad de kW programados o el monto de dinero indicado por el usuario se haya agotado. En ese momento el módulo de integración notifica al módulo de comunicaciones el evento y éste a través de un módulo celular envía un mensaje al usuario manifestando la finalización de la carga junto con la cantidad de kW suministrados y el monto de dinero por pagar. También se solicita al módulo de pantalla el cuadro 5 que se encarga de mostrar al usuario las variables de carga y precio.

Si hay algún error en la carga, ya sea por una desconexión abrupta o por fallas en la fuente de energía, el módulo de carga deshabilita el suministro de potencia. El módulo de integración comunica al módulo de pantalla para que imprima la cuadro 5 que indica al usuario que hubo un error en la carga.

## 5 RESULTADOS

La conexión de la comunicación usada para enlazar los módulos de la estación de carga se presenta en la Fig. 10. Cada módulo tiene una función en específico que se puso a prueba respondiendo de manera adecuada a la integración con los demás módulos estableciendo el proceso de carga.

El proceso de carga realizado comenzó con la interacción del usuario con la estación presionando el botón de inicio mostrado en el cuadro 1 de la pantalla que se puede apreciar en la Fig. 11. Después se validó el usuario y la aceptación del vehículo para aceptar carga. El proceso de carga finalizó con la desconexión del vehículo generando una falla y verificando la seguridad del proceso.

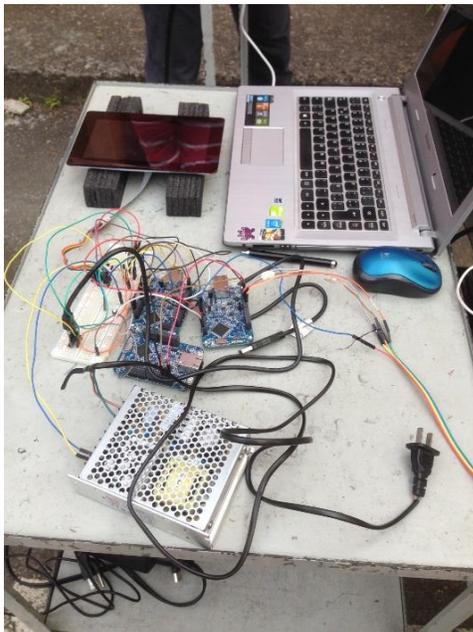


Fig. 10. Prueba de conexión entre módulos



Fig. 11. Cuadro 1

En este proceso de carga se evidenció su interacción de la estación de carga con el vehículo. También se verificó la seguridad de la estación de carga con eventos como la desconexión inesperada del vehículo. En esta situación, el cargador desconectó la estación de la fuente de energía con rapidez para evitar riesgos en seguridad.

El proceso de carga fue realizado con éxito múltiples veces en condiciones diferentes. Por ejemplo, sin haber desenergizado la estación de carga (proceso repetitivo) o desconectando forzosamente el vehículo. En todas ellas el cargador operó dentro de los parámetros establecidos y no existió daño alguno sobre él o sobre el vehículo.

## 6 CONCLUSIONES

Los protocolos de comunicación usados para la integración de los módulos permitieron la transmisión de datos de una manera ordenada y cíclica. Además, facilitaron la conexión que se realizó entre los módulos disminuyendo cables. Debido a las funciones específicas de cada módulo fue necesaria la implementación de diferentes protocolos de comunicación para poder realizar la integración de estos.

Mediante el desarrollo de esta estación de carga se evidenció que es factible la construcción de éstas en el país. En la actualidad la idea de sacar los vehículos de motor de combustión del mercado es inevitable debido al impacto ambiental y por ende la implementación de estaciones de carga en el mercado impulsaría el uso de vehículos eléctricos promoviendo una energía limpia con el fin de disminuir la producción de gases de efecto invernadero.

El conocimiento de las estaciones fomenta la incorporación de otras tecnologías relacionadas con la movilidad eléctrica, como lo es el desarrollo de baterías y los circuitos de administración que las acompañan y que permitan la adquisición de más carga en menor tiempo. También el desarrollo en la elaboración de vehículos eléctricos que se adapten a las circunstancias sociales y laborales que demanda el territorio.

## AGRADECIMIENTO

El autor expresa su agradecimiento a Camilo Arbeláez Castaño, Daniel Felipe Benavides Vargas, Camila Aristizábal Gómez, Jorge Andrés Gómez Londoño, Carolina María Gómez Pérez Valeria Úsuga Salazar, Juan Pablo Moreno Londoño, Camilo Andrés Pérez Barrera y Daniel Guerrero Umbarila por colaboración indirecta con el desarrollo del artículo.

## REFERENCIAS

- [1] L. M. H. Olascuaga, "Formulación de un marco regulatorio para la movilidad urbana de Bogotá D.C.", Bogotá, 2014.
- [2] J. D. T. Sarmiento, "Estudio de la viabilidad en la implementación de vehículos eléctricos en la ciudad de Cuenca", Cuenca, 2015.
- [3] F. González y F. Ávila, «Google Académico,» [En línea]. Disponible en:

- <http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno10/vehiculo/files/Informe%20V2G.pdf>. [Último acceso: 1 11 2017].
- [4] J. K. Nor, "Charging station for electric vehicles". Estados Unidos Patente US5202617A, 13 4 1993.
- [5] B. T. Gary Starr, "Charging station with protective door". Estados Unidos Patente US20110140656A1, 16 6 2011.
- [6] M. T. Tormey, C. T. Matsuno, C. F. Hagenmaier y D. Baxter, "Self powered electric vehicle charging connector locking system". Estados Unidos Patente US8025526B1, 27 9 2011.
- [7] R. Gadh, S. Mal, S. Prabhu, C.-C. Chu, J. Panchal, O. Sheikh, C.-Y. Chung, L. He, B. Xiao y Y. Shi, "Smart electric vehicle (ev) charging and grid integration apparatus and methods". Estados Unidos Patente US20130179061A1, 11 7 2013.
- [7] R. Gadh, S. Mal, S. Prabhu, C.-C. Chu, J. Panchal, O. Sheikh, C.-Y. Chung, L. He, B. Xiao y Y. Shi, «Smart electric vehicle (ev) charging and grid integration apparatus and methods». Estados Unidos Patente US20130179061A1, 11 7 2013.
- [8] L. Hayashigawa, T. Conver, T. MacCready, T. Zambrano y K. S. West, "Stored energy and charging appliance". Estados Unidos Patente US20110055037A1, 3 3 2011.
- [9] P. Ponticel, «SAE,» 15 1 2010. [En línea]. Available: <http://articles.sae.org/7479/>. [Último acceso: 1 11 2017].
- [10] SAE International, SAE Electric Vehicle and Plug in Hybrid Electric Vehicle Conductive Charge Coupler, 2010.
- [11] GreatDrok, «Wikimedia,» 29 4 2016. [En línea]. Available: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d0/Type1\\_J1772.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d0/Type1_J1772.svg). [Último acceso: 1 11 2017].
- [12] J. Zyren, «qualcomm,» 4 2015. [En línea]. Available: [https://www.qualcomm.com/sites/ember/files/uploads/ev\\_combined\\_charging\\_qualcommautotechconf\\_april\\_2015.pdf](https://www.qualcomm.com/sites/ember/files/uploads/ev_combined_charging_qualcommautotechconf_april_2015.pdf). [Último acceso: 5 11 2017].
- [13] GreatDrok, «Wikimedia,» 29 4 2016. [En línea]. Available: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/05/Type1-ccs.svg>. [Último acceso: 6 11 2017].
- [14] Ajzh2074, «Wikimedia,» 25 8 2014. [En línea]. Available: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fe/CCSCombo2.svg>. [Último acceso: 7 11 2017].
- [15] Chademo, «Chademo,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.chademo.com/about-us/history-and-timeline/>. [Último acceso: 6 11 2017].
- [16] Moja, «Wikimedia,» 20 2 2016. [En línea]. Available: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/14/CHAdEMO\\_socket.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/14/CHAdEMO_socket.jpg). [Último acceso: 9 11 2017].





# La gamificación como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: un mapeo sistemático de literatura

*Gamification as a didactic strategy for teaching/learning programming: a systematic mapping of the literature*

Oscar Revelo Sánchez, MsC

Universidad de Nariño  
Pasto, Colombia.

[orevelo@udenar.edu.co](mailto:orevelo@udenar.edu.co)

Cesar Alberto Collazos Ordoñez, PhD

Universidad del Cauca  
Popayán, Colombia.

[ccollazo@unicauca.edu.co](mailto:ccollazo@unicauca.edu.co)

Javier Alejandro Jiménez Toledo, MsC

Institución Universitaria CESMAG  
Pasto, Colombia.

[jajimenez@iucsmag.edu.co](mailto:jajimenez@iucsmag.edu.co)

(Recibido el 27-04-2017, Aprobado el 22-11-2017, Publicado el 16-01-2018)

Estilo de Citación de Artículo:

C. Collazos, O. Revelo, J. Jiménez, "La gamificación como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: un mapeo sistemático de literatura", Lámpsakos, no. 19, pp 31-46, 2018

DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2347>

**Resumen:** La incorporación de la gamificación en cursos de Programación ha sido identificada como una estrategia potencial que podría maximizar la participación de los estudiantes y tener un impacto positivo en el aprendizaje. Hasta donde sabemos, no existe un estudio dirigido a recopilar y analizar los resultados de investigación sobre este tema utilizando un método sistemático. Para llenar este vacío, se realizó un mapeo sistemático de literatura con el objetivo de resumir los estudios sobre el uso de la gamificación como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la Programación. Inicialmente, mediante la búsqueda en cuatro (4) bibliotecas digitales, se obtuvieron 186 estudios. Luego, después de un cuidadoso análisis de cada uno de ellos, verificamos que sólo 78 coinciden con nuestras necesidades. Por último, hemos categorizado las contribuciones de estos estudios para presentar una visión general de los resultados producidos por la comunidad investigadora.

**Palabras clave:** Enseñanza/Aprendizaje, Gamificación, Mapeo Sistemático, Programación.

**Abstract:** The incorporation of gamification into Programming courses has been identified as a potential strategy that could maximize student participation and have a positive impact on learning. To our knowledge, there is no study aimed at collecting and analyzing

research results on this subject using a systematic method. To fill this gap, a systematic mapping of literature was carried out with the aim of summarizing the studies on the use of gamification as a didactic strategy for teaching/learning of Programming. Initially, through the search in four (4) digital libraries, 186 studies were obtained. Then, after a careful analysis of each of them, we verify that only 78 match our needs. Finally, we have categorized the contributions of these studies to present an overview of the results produced by the research community.

**Keywords:** Teaching/Learning, Gamification, Systematic Mapping, Programming.

## 1. INTRODUCCIÓN

La popularidad de la educación en Ciencias de la Computación ha llevado a un aumento dramático en el número de instituciones educativas que ofrecen programas relacionados con esta área de conocimiento. En los currículos de los programas de Ciencias de la Computación e Ingenierías, son inevitables los cursos de Programación. Uno de los mayores retos a los que se enfrentan la mayoría de

los estudiantes, especialmente aquellos en los primeros niveles, es lidiar con temas de Programación. Por ejemplo, entre los temas críticos destacados y ampliamente discutidos por los investigadores es la Programación Orientada a Objetos [1] [2].

La incorporación de la gamificación en cursos de Programación ha sido identificada como una estrategia potencial que podría maximizar la participación de los estudiantes y tener un impacto positivo en el aprendizaje. La gamificación se refiere a la incorporación de elementos de juego en diferentes entornos incluyendo los de aprendizaje, y se está convirtiendo en un tema de interés predominante entre los investigadores. Los estudios sobre la implementación de elementos de juego en la educación han reportado que la gamificación mejora la participación de los estudiantes en el aula tradicional y en el aprendizaje en línea.

El uso de juegos en la educación puede ser reconocido como juego serio, aprendizaje basado en juegos y gamificación. Sin embargo, el uso de elementos de juego en la educación se ajusta más a la definición de gamificación. La gamificación puede definirse como el uso de elementos de juego en un contexto ajeno al juego [3] [4], incluso en el contexto educativo, con el objetivo de mejorar la participación de los estudiantes.

Con el fin de abordar desde un panorama más amplio la problemática descrita, se realizó un mapeo sistemático de literatura para recopilar y analizar investigaciones sobre la utilización de la gamificación como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la Programación. Utilizamos el método propuesto por Petersen [5], como se describe en la Sección 2.

En resumen, primero definimos el protocolo de investigación y seleccionamos las bibliotecas digitales más importantes en el campo de la informática y las tecnologías educativas. Realizando procesos de búsqueda en estas bibliotecas, se encontraron 186 estudios (artículos publicados), se eliminaron registros anómalos y repetidos quedando un total de 135, de los cuales se verificó que 78 coinciden con nuestras necesidades (es decir, están relacionados directamente con la temática en discusión, y cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión definidos en este trabajo).

Finalmente, analizamos y clasificamos cuidadosamente estos estudios como se muestra en la Sección 3 para responder a las siguientes preguntas:

1) ¿Cuáles son los objetivos de investigación y los tipos de contribuciones de los estudios sobre la gamificación como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la Programación?

2) ¿En qué áreas del conocimiento se ha empleado la gamificación como estrategia didáctica de enseñanza/aprendizaje?

3) ¿Cuáles son las estrategias didácticas más comunes relacionadas con gamificación, empleadas en la enseñanza/aprendizaje de la Programación?

4) ¿Existen estudios que validen la gamificación como estrategia didáctica de enseñanza/aprendizaje de la Programación?

5) ¿Qué piensan los autores acerca de la gamificación como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la Programación?

Concluimos este trabajo discutiendo los resultados y aplicaciones prácticas de nuestros hallazgos en la Sección 4.

## 2. MÉTODO

Un mapeo sistemático es una técnica de investigación que proporciona las directrices para llevar a cabo revisiones de literatura [5]. Se compone de pasos metódicos para buscar, interpretar, sintetizar y analizar la información presente en artículos publicados relacionados con el tema en estudio. El uso de esta técnica tiene como objetivo proporcionar una visión general del área de interés y minimizar las posibilidades de error durante el proceso de revisión. Un proceso sistemático de este tipo también permite tener un mejor control de la actividad de revisión, y eliminar posibles errores que pueden llevar a conclusiones erróneas o imprecisas.

En este trabajo, se empleó la metodología propuesta por Petersen [5] para llevar a cabo un mapeo sistemático, la cual plantea cinco pasos secuenciales: (i) definición de las preguntas de investigación, (ii) definición de los criterios de búsqueda de estudios primarios, (iii) definición de los criterios de inclusión y exclusión, (iv) determinación del esquema de clasificación, y (v) extracción de datos y mapeo de estudios. Cada uno de estos pasos se presentan en las siguientes subsecciones.

## 2.1 Definición de las preguntas de investigación

El objetivo de este mapeo sistemático es identificar y clasificar el trabajo actual sobre la gamificación empleada como estrategia didáctica en la enseñanza/aprendizaje de la Programación de Computadores. En búsqueda de estudios primarios relacionados, se definieron las siguientes preguntas de investigación:

- **RQ1:** ¿Cuáles son los objetivos de investigación y los tipos de contribuciones de los estudios sobre la gamificación como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la Programación?
- **RQ2:** ¿En qué áreas del conocimiento se ha empleado la gamificación como estrategia didáctica de enseñanza/aprendizaje?
- **RQ3:** ¿Cuáles son las estrategias didácticas más comunes relacionadas con gamificación, empleadas en la enseñanza/aprendizaje de la Programación?
- **RQ4:** ¿Existen estudios que validen la gamificación como estrategia didáctica de enseñanza/aprendizaje de la Programación?
- **RQ5:** ¿Qué piensan los autores acerca de la gamificación como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la Programación?

## 2.2 Definición de los criterios de búsqueda

La búsqueda de estudios primarios se compone de dos pasos. En el primer paso, se define la cadena de búsqueda teniendo en cuenta los términos más relevantes relacionados con el tema en estudio. En el segundo paso, se seleccionan las bases de datos electrónicas pertinentes para llevar a cabo la búsqueda.

Para crear la cadena de búsqueda, se utilizaron las palabras clave (i) que figuran en las preguntas de la investigación, (ii) extraídas de documentos destacados, y, (iii) obtenidas a partir de una pequeña entrevista con expertos en el tema. El resultado se muestra en la Tabla I. Se definieron tres palabras clave principales: "teaching",

"gamification" y "programming"; cada palabra clave forma una categoría que contiene sus respectivos términos relacionados.

**Tabla 1.**  
Categorías de palabras clave y sus términos relacionados

Referencia	Categoría	Términos relacionados
C1	Teaching	learning education
C2	gamification	gamified gamifying
C3	programming	computational thinking

Para crear la cadena de búsqueda final, las categorías C1, C2 y C3 se combinaron con el operador booleano "AND", y las palabras clave dentro de cada categoría se combinaron con el operador booleano "OR", como se muestra a continuación:

*(teaching OR learning OR education)  
AND (gamification OR gamified OR  
gamifying) AND (programming OR  
computational thinking)*

Para seleccionar las bases de datos electrónicas pertinentes para llevar a cabo la búsqueda, se tuvo en cuenta el análisis de los resultados de Dybå et al. [6], quienes proporcionan una lista de bases de datos importantes en el campo de las Ciencias de la Computación y la Ingeniería. A continuación, para centrar la búsqueda, se redujo esta lista, obteniendo las bases de datos que cubren las conferencias y revistas más importantes en el campo de la tecnología educativa. Se seleccionaron las siguientes bases de datos electrónicas:

- ACM Digital Library
- IEEE Xplore
- ScienceDirect
- Scopus

El motor de búsqueda de cada base de datos seleccionada utiliza diferentes mecanismos y estándares. Por lo tanto, se adaptó la cadena de búsqueda a cada base de datos, como se muestra en la Tabla II, para llevar a cabo búsqueda avanzada en títulos, resúmenes y palabras claves de artículos, obteniendo así un primer conjunto de estudios primarios.

**Tabla 2. Cadena de búsqueda por base de datos**

Base de Datos	Cadena de Búsqueda
ACM Digital Library	("teaching" "learning" "education")+("gamification" "gamified" "gamifying")+("computational thinking" "programming")
IEEE Xplore Digital Library	(teaching OR learning OR education) AND (gamification OR gamified OR gamifying) AND (.QT.computational thinking.QT. OR programming)
ScienceDirect	TAK((teaching OR learning OR education) AND (gamification OR gamified OR gamifying) AND ("computational thinking" OR programming))
Scopus	TITLE-ABS-KEY((teaching OR learning OR education) AND (gamification OR gamified OR gamifying) AND ("computational thinking" OR programming))

Los resultados se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3. Número de estudios primarios obtenidos**

Base de Datos	Cantidad
ACM Digital Library	69
IEEE Xplore Digital Library	30
ScienceDirect	11
Scopus	76
<b>TOTAL</b>	<b>186</b>

### 2.3 Definición de los criterios de inclusión y exclusión

Se definieron los siguientes criterios de inclusión (I) y de exclusión (E), para agregar o eliminar artículos al análisis:

- **I1:** Artículos publicados en los últimos cinco (5) años (2012 - 2016).
- **I2:** Si varios artículos están relacionados con el mismo estudio, solamente se selecciona el más reciente.
- **I3:** Si un artículo describe más de un estudio, cada estudio es evaluado individualmente.
- **I4:** Si hay versiones corta y completa de un mismo estudio, esta última es la que se incluye.
- **E1:** Reportes técnicos y documentos que están disponibles en forma de resúmenes o presentaciones (literatura gris) y estudios secundarios (revisiones y mapeos sistemáticos).
- **E2:** Artículos en idiomas diferentes al Inglés o al Español.
- **E3:** Artículos que no presentan estudios relacionados con educación.

- **E4:** Artículos que no presentan estudios relacionados con ciencias de la computación y afines.

Una vez definidos los criterios de inclusión y de exclusión, se procede a dar lectura a los títulos y a los resúmenes (y en ocasiones a la introducción y a las conclusiones) de cada artículo, para identificar aquellos considerados irrelevantes para el trabajo. Luego de la aplicación de estos criterios, se da lectura cuidadosa a la selección final de artículos, y los datos contenidos en estos, fueron extraídos, analizados y categorizados. El conjunto final de artículos y el análisis de datos se presentan en la Sección 3.

### 2.4 Determinación del esquema de clasificación

Para tener una mejor comprensión de las contribuciones de cada artículo analizado, se utilizaron las categorías sugeridas por Wieringa et al. [7], para analizar, clasificar y categorizar los tipos de estudios descritos en los artículos. Estas categorías son:

- **Investigación de validación:** Nuevas técnicas que aún no se han implementado en la práctica. Utilizada generalmente en ajustes experimentales en laboratorio.
- **Investigación de evaluación:** Técnicas que se implementan en la práctica y de las cuales se realiza una evaluación. Esto incluye análisis de implementación, beneficios e inconvenientes.
- **Propuesta de solución:** Se propone una solución para un problema específico, la cual puede ser una nueva solución o una extensión de una técnica existente. Los posibles beneficios de la solución se presentan a través de estudios de casos (pequeños ejemplos) u otras argumentaciones.
- **Artículos filosóficos:** Estudios que presentan una nueva mirada o enfoque del área de estudio, a menudo usando taxonomías y marcos conceptuales.
- **Artículos de opinión:** Estudios que expresan una opinión personal sobre si una técnica es buena o mala, y/o cómo debe ser utilizada o implementada.
- **Artículos de experiencias:** Contienen la experiencia personal del autor, explicando qué y cómo se ha hecho algo en la práctica.

## 2.5 Extracción de datos y mapeo de estudios

Los artículos fueron analizados y clasificados de acuerdo con los pasos y categorías presentados en las secciones anteriores. También se crearon otras categorías para separar las contribuciones de investigación de cada artículo (ver Sección 3). Los datos extraídos de los artículos fueron almacenados y sometidos a análisis cualitativo y cuantitativo. Este análisis tuvo como objetivo encontrar evidencias para responder a las preguntas de investigación definidas en la Sección 2.1. Para organizar los hallazgos y documentar el proceso de extracción de datos, se utilizó una hoja de cálculo, lo que permitió realizar también otros análisis estadísticos, como determinar el número de publicaciones por año, por lugar, y por tipo, entre otros análisis.

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En esta sección, se presentan los resultados del mapeo sistemático. El propósito principal es dar una visión general sobre cómo la gamificación se está empleando como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la Programación de Computadores. Este trabajo se realizó durante un período de cuatro meses entre agosto y noviembre de 2016.

La Fig. 1 muestra la ejecución de los pasos presentados en las secciones 2.1, 2.2 y 2.3. Inicialmente, al realizar la búsqueda en las bases de datos seleccionadas, se obtuvieron 186 artículos, de los cuales se eliminaron 27 registros incompletos o anómalos quedando un total de 159 artículos. De éstos, se identificó que 24 de ellos están almacenados en más de una base de datos, por lo tanto, se eliminan también los duplicados dejando sólo una copia de cada artículo en los registros. Así, para el siguiente paso quedaron por analizar 135 artículos. A continuación, se aplican los criterios de inclusión y exclusión (I1 + E1 + E2) en los 135 artículos, incluyendo los publicados en los últimos cinco (5) años y, excluyendo los registros que no corresponden a artículos publicados, de conferencia o capítulos de libro, y los escritos en idiomas diferentes al inglés o al español, quedando 132 artículos.

Sobre los 132 artículos aplicamos los criterios de inclusión y exclusión (I2 + I3 + I4 + E3 + E4), leyendo su título y resumen, identificando 89 trabajos inicialmente pertinentes con la temática. En la última etapa de este proceso, leímos atentamente los 89 artículos y volvimos a aplicar los criterios de inclusión y exclusión, donde se eliminaron 11 trabajos. El resultado final de este proceso dejó 78 artículos que fueron utilizados como evidencia para responder a nuestras preguntas de investigación. La lista de estos documentos aparece en la sección de Referencias al final de este documento.

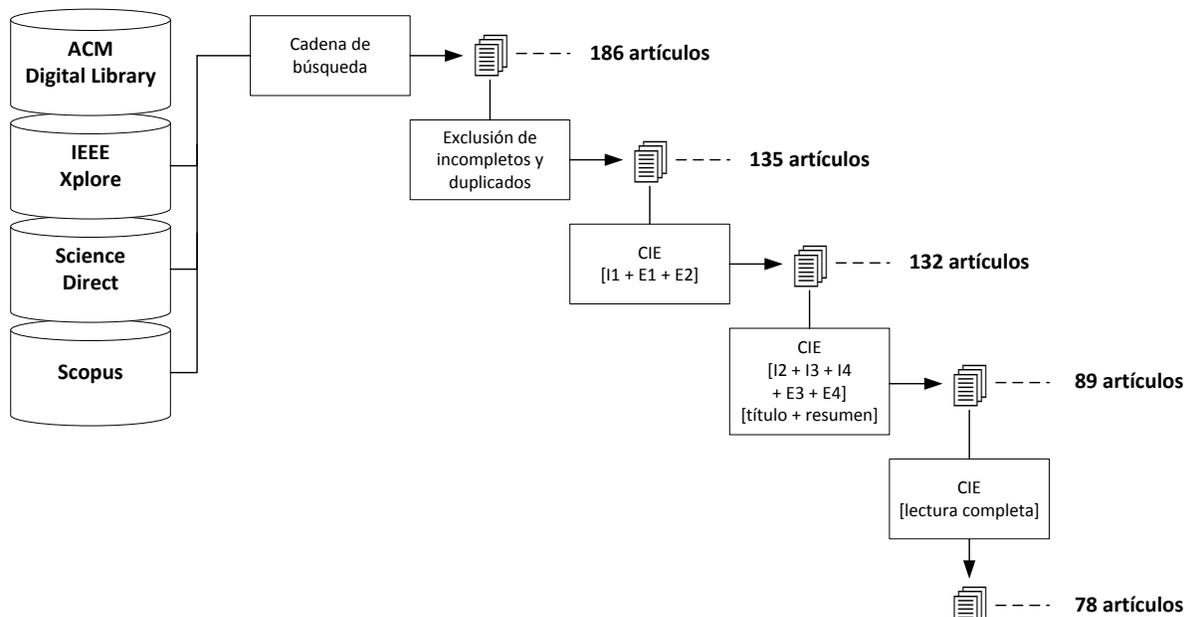
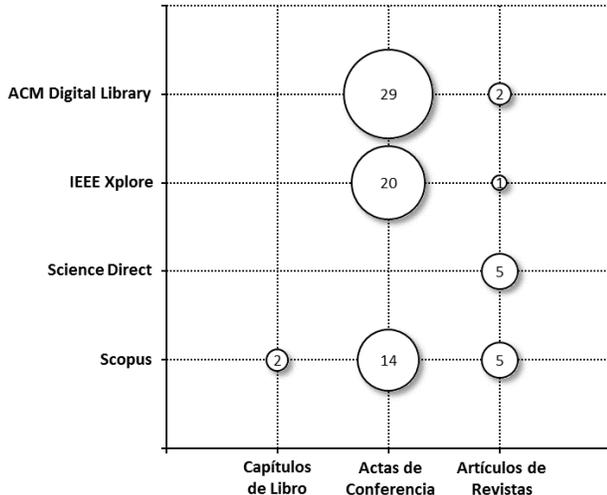


Fig. 1. Visión general del proceso de filtrado de artículos

Antes de responder a las preguntas de investigación de este trabajo, es importante dar una visión general sobre dónde y cuándo se publicaron los 78 artículos.

La Fig. 2 muestra en el *eje x* el número de documentos por tipo de publicación (es decir, artículo de revista, actas de conferencias o capítulo de libro) y en el *eje y* la base de datos de la que se recuperaron los documentos. De acuerdo con la Fig. 2, el número de trabajos publicados en actas de conferencia (63 artículos) son los más frecuentes, seguidos por artículos de revistas (13 artículos) y capítulos de libros (2 artículos).

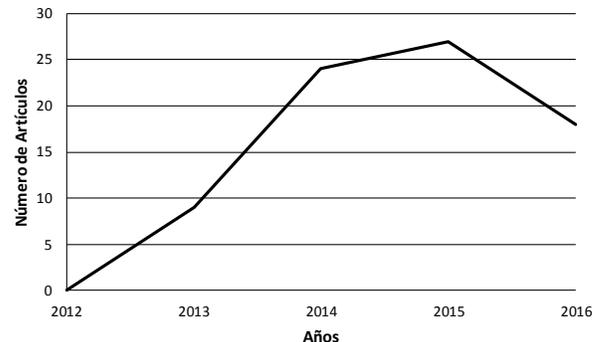
Este resultado destaca la importancia de las conferencias para la difusión de la investigación sobre el tema de la gamificación empleada como estrategia didáctica en la enseñanza/aprendizaje de la Programación. Vale la pena señalar que 24 artículos no están asociados con la base de datos Scopus porque su índice primario proviene de otras bases de datos (por ejemplo, los artículos publicados por IEEE están indexados principalmente en IEEE Xplore pero también aparecen en Scopus). Sin embargo, también es importante enfatizar la importancia de la base de datos Scopus durante la validación y calibración de la cadena de búsqueda.



**Fig. 2.** Número de artículos por tipo de publicación (eje x) y bases de datos (eje y)

Observando la frecuencia de las publicaciones, se encontró que el 88% de los estudios sobre el tema se publicaron en los últimos tres años como se muestra en la Fig. 3. Esta tendencia de aumento gradual indica la creciente importancia y potencial del tema de investigación. En cuanto al año 2016, en el que se encontraron 18 trabajos, es posible que

en el momento de la ejecución del proceso de extracción algunos estudios todavía no estuvieran indexados en las bases de datos.



**Fig. 3.** Número de artículos por año

En la sección 2.4, se mencionó el uso de las categorías propuestas por Wieringa et al. [7] para agrupar los artículos por tipo de estudio. Sin embargo, para responder a RQ1 (¿Cuáles son los objetivos de investigación y los tipos de contribuciones de los estudios sobre la gamificación como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la Programación?), también es necesario clasificar los artículos por sus objetivos de investigación. Por lo tanto, después de revisar todos los artículos, se proponen tres (3) categorías específicas para este trabajo, así:

- **General:** Estudios donde la gamificación se emplea como recurso didáctico en diferentes áreas o contextos de conocimiento.
- **Ciencias de la Computación:** Estudios orientados hacia el uso didáctico de la gamificación en entornos o cursos relacionados con las Ciencias de la Computación.
- **Programación:** Estudios enfocados específicamente en el uso didáctico de la gamificación en entornos o cursos relacionados con la Programación de Computadores.

Utilizamos estas categorías y las presentes en la Sección 2.4 para crear un gráfico de burbujas (Fig. 4) para mostrar la distribución de los estudios en cada categoría. En el *eje x* tenemos las categorías de los tipos de estudio y en el *eje y* los objetivos de investigación. El tamaño y el número de cada burbuja representa el número de estudios que se ubican en una situación x-y específica.

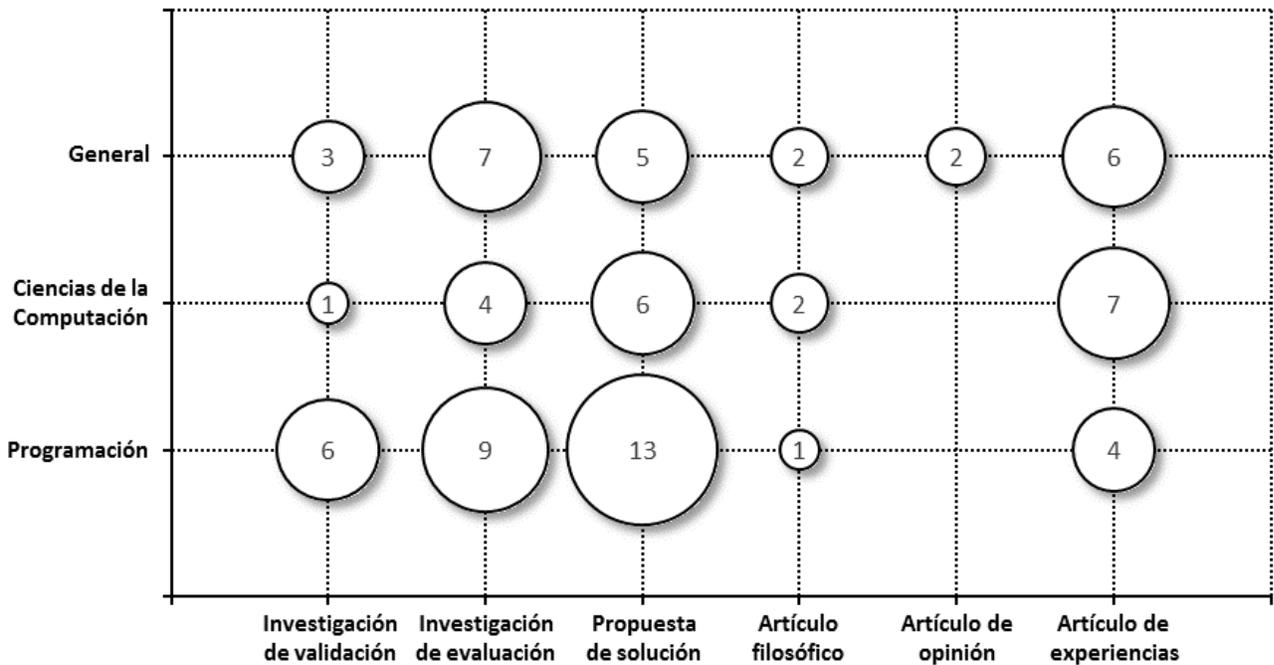


Fig. 4. Distribución de artículos por tipo de estudio (eje x) y objetivos de investigación (eje y)

Al observar los números en las burbujas relacionadas con cada fila de la Fig. 4, es posible verificar que la mayoría de los estudios, un total de 33, pertenecen a la categoría "Programación", los cuales tienen como principal objetivo la utilización de la gamificación como estrategia didáctica en entornos educativos relacionados con la Programación de Computadores; 13 de estos estudios evaluaron sus resultados a través del uso de casos, 9 de ellos utilizaron datos de escenarios reales de aprendizaje, y 6 validan la estrategia didáctica. Los cursos o entornos relacionados a que hacen referencia los estudios son: Algoritmos, Fundamentos de Programación, Programación Orientada a Objetos, Programación en C, Programación en Python, Programación Extrema y Estructuras de Datos.

La categoría "General" relacionada con la aplicación de la estrategia en otras áreas del conocimiento (ver Tabla IV), también está bien explorada en la literatura con un total de 25 estudios. Es importante anotar, que un número significativo de estudios, 20, se relacionan con la aplicación de la estrategia en diferentes subáreas de las Ciencias de la Computación (ver Tabla V), sin tener en cuenta a la Programación.

Tabla 4. Otras áreas de conocimiento en donde se aplica la estrategia

Área de Conocimiento	Total de Estudios
Historia	
Ingeniería	
Arquitectura	
Lenguas extranjeras	
Medicina	25
Electrónica	
Enfermería	
Espíritu empresarial	
Matemáticas	
Educación primaria	

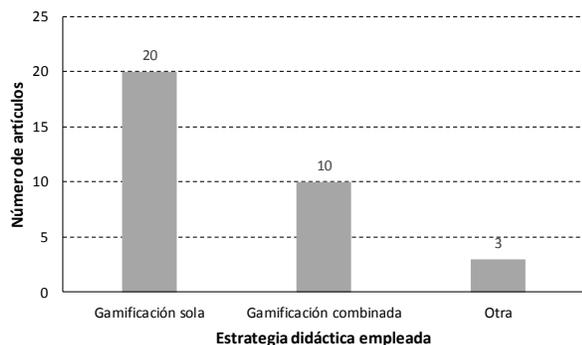
Tabla 5. Subáreas de las ciencias de la computación en donde se aplica la estrategia

Subárea	Total de Estudios
Sistemas de información	
Análisis y diseño de sistemas	
Minería de datos	
Teoría de autómatas	
Ciberseguridad	
Cloud computing	20
Diseño de juegos	
Ingeniería de software	
Ciencia de los datos	
Administración de bases de datos	
Forense digital	

Desde otro punto de vista, observando los números en las burbujas relacionadas con cada columna de la Fig. 4, también es posible verificar que la mayoría de los estudios concentran su esfuerzo en proponer soluciones, un total de 24, y en evaluar resultados en escenarios reales, un total de 20. Estos números muestran la madurez del campo de investigación, ya que la mayoría de los estudios se realizaron con estudiantes y en sus entornos de aprendizaje.

Para responder a RQ2 (¿En qué áreas del conocimiento se ha empleado la gamificación como estrategia didáctica de enseñanza/aprendizaje?), revisamos cada uno de los estudios finales y encontramos que un total de 45 (58%) dan cuenta de la utilización de la estrategia didáctica en varias áreas del conocimiento en general, como también en algunas subáreas de las Ciencias de la Computación (ver Tablas IV y V).

Para abordar RQ3 (¿Cuáles son las estrategias didácticas más comunes relacionadas con gamificación, empleadas en la enseñanza/aprendizaje de la Programación?), igualmente revisamos cada uno de los estudios finales y encontramos que, Fig. 5, el 61% de ellos corresponden a estudios en los cuales se utiliza en solitario elementos de gamificación como juegos serios o entornos específicos gamificados como “Kodesh” [8] y “Wolves and Sheep” [9]; asimismo el 30% corresponden a estudios en donde se emplean elementos de gamificación combinados con otras estrategias como “flipped learning”, “lighweight teams”, interacción “peer to peer”, redes sociales, MOOC, “blended learning”, Moodle, y ambientes virtuales 3D, entre otras; y, sólo un 9% corresponden a estudios en donde se emplean otras estrategias sin involucrar elementos de gamificación, como MOOC, plataformas de aprendizaje personalizadas, y, “Motivational Active Learning” y “Technology-Enabled Active Learning” (mencionadas en [10]).



**Fig. 5.** Estrategias didácticas más comunes relacionadas con gamificación

Estos últimos (3 – 9%) podría decirse que corresponden a registros erróneos en los estudios primarios obtenidos, ya que no cumplen con todos los criterios en la cadena de búsqueda; se decidió conservarlos dado que aportan elementos importantes que podrían ser de interés para estudios futuros. De los 6 estudios de validación en la categoría de “Programación” (ver Fig. 4), 4 incorporan elementos de gamificación en solitario como estrategia didáctica, y 2 en combinación con otras estrategias, lo que respondería a RQ4 (¿Existen estudios que validen la gamificación como estrategia didáctica de enseñanza/aprendizaje de la Programación?).

A continuación, basados en los estudios resultantes en la categoría “Programación” (ver Fig. 4), presentamos los aportes más relevantes que darían respuesta a RQ5 (¿Qué piensan los autores acerca de la gamificación como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la Programación?):

- El éxito del “flipped learning” depende crucialmente de un compromiso adecuado de los estudiantes dentro y fuera de la clase. Aquí la gamificación puede ayudar [11].
- Code Hunt [12] es un juego serio basado en la web para la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias de la Computación. Puede emplearse para enseñar y aprender Programación de Computadores en muchos niveles, desde la escuela secundaria hasta el nivel universitario. Los autores tienen previsto investigar si la gamificación de la Programación mejora significativamente la eficacia y la eficiencia del aprendizaje de los estudiantes.
- En este estudio [13], los autores presentan un enfoque para el uso de elementos de gamificación orientado a aumentar la colaboración estudiantil en línea. Agregaron un sistema gamificado de discusión en línea a un curso de Introducción a la Programación, con el objetivo de motivar a los estudiantes a ayudarse mutuamente. El sistema tuvo un impacto positivo en el curso, aumentando la colaboración estudiantil, reduciendo los tiempos de respuesta, e hizo que las comunicaciones fueran más eficientes al reducir el tráfico de correo electrónico.
- La gamificación es vista como una poderosa estrategia para influenciar y motivar a las personas. Los objetivos de aplicar este tipo de enfoque a una clase son: la transformación de las actividades de clase en desafíos, fomentar el

liderazgo de los participantes, desarrollar equipos de colaboración, recompensar la eficiencia y el esfuerzo en el desarrollo de actividades y fomentar una experiencia de aprendizaje significativa [14].

- Los autores de [15], explican cómo se han utilizado “lightweight teams” en una clase inicial de Ciencias de la Computación, y cómo este enfoque, combinado con “flipped class” y gamificación, ha llevado a altos niveles de participación de los estudiantes, a pesar de la dificultad del contenido y la frustración que es común en los primeros intentos de aprender a programar.
- En [16], se presenta un nuevo entorno basado en navegador para la enseñanza de Introducción a la Programación. Esta plataforma combina la gamificación con la interacción “peer-to-peer”.
- Enki [17], es un IDE basado en la web que integra varias herramientas pedagógicas diseñadas para involucrar a los estudiantes en el aprendizaje de lenguajes de programación. Enki logra este objetivo (i) mediante la secuenciación de los recursos educativos, ya sean expositivos o evaluativos, (ii) utilizando elementos de gamificación para motivar a los estudiantes a resolver actividades, (iii) promoviendo la interacción social y (iv) ayudando a los estudiantes con las actividades, proporcionando retroalimentación sobre las soluciones enviadas.
- El estudio [18], muestra la utilización de una red social y conceptos de gamificación, como medallas, puntos, niveles y tableros de líderes, para mejorar la participación de los estudiantes de lenguajes de programación.
- Schmolitzky y Göttel [19] presentan “Guess My Object” (GMO) como un nuevo enfoque para entrar tempranamente en contacto con la orientación a objetos, el cual puede complementar los enfoques de enseñanza existentes. En esencia, GMO es una forma de usar BlueJ como un juego interactivo basado en rondas, cada una de las cuales consta de dos etapas, la exploración del comportamiento y la implementación del comportamiento.
- A los estudiantes a veces les resulta difícil aprender nuevos lenguajes de programación. El estudio presentado por Khaleel et al. [20], intenta resolver el problema mediante la aplicación de elementos de gamificación en un curso de lenguajes de programación, como una nueva aplicación de la gamificación para aumentar la

eficacia del aprendizaje y mejorar la comprensión de los estudiantes.

- En [21], los autores diseñaron e implementaron una infraestructura MOOC y la usaron como un SPOC (Small Private Online Course) para apoyar y complementar un curso de Introducción a la Programación. Los resultados reportados son alentadores por dos razones: en primer lugar, el nivel de participación fue bueno, a pesar de que el curso en línea fue una adición opcional al curso presencial; en segundo lugar, a los estudiantes les gustaron mucho las evaluaciones (cuestionarios y ejercicios de programación), a pesar de que estas no contaban para la calificación final del curso. Los datos recogidos sugieren que esto puede, al menos en parte, ser debido a un aspecto de gamificación que se introdujo en el curso: la concesión de medallas virtuales para obtener puntos completos en los cuestionarios.
- El modelo combinado de educación presentado en [22], fomenta el desarrollo de una práctica docente que se adapta a la diversidad estudiantil a través de una enseñanza informada. El modelo abarca aspectos que van desde enfoques tradicionales y métodos de entrega establecidos hasta e-Learning y MOOC con, por ejemplo, gamificación. Estudio puesto en marcha para mejorar la participación y el logro de los estudiantes en un curso de Programación en pregrado.
- Los ambientes de aprendizaje gamificados que combinan el aula con una plataforma e-Learning, son una propuesta educativa que incrementa la motivación y el compromiso de los estudiantes en el proceso de aprendizaje. La investigación [23], analiza cuantitativa y cualitativamente el uso de “Gamified Moodle” como una herramienta para mejorar los parámetros antes mencionados mediante la realización de tareas autónomas, en un curso de Fundamentos de Programación Java.
- Atraer y retener a los estudiantes implica un compromiso y una satisfacción a nivel individual, de equipo y de clase. En [24], se explora los efectos de estos factores con un enfoque gamificado en una práctica de programación de un curso introductorio de Ciencias de la Computación. Se presenta un nuevo juego de aprendizaje y los resultados de las pruebas del juego con estudiantes. Se obtuvo una retroalimentación positiva de los estudiantes y de los educadores, y se observaron una alta

participación, interacción y esfuerzos exitosos de programación en equipo.

- La gamificación parece ser una herramienta viable para motivar a los estudiantes a participar activamente e interactuar en un proyecto de aula. Estudios recientes muestran que, cuando se utiliza de la manera correcta, la gamificación puede ser un gran beneficio para la educación y una motivación para el trabajo [25].
- Lückemeyer [26], presenta un concepto y un prototipo de un entorno 3D utilizado como un nuevo recurso en la enseñanza de la programación en las universidades. El concepto incorpora al ambiente virtual 3D aspectos de gamificación, así como mecanismos de interacción con medios sociales.
- Investigaciones han demostrado desarrollo cognitivo y principios de aprendizaje en el uso de videojuegos. Como resultado, hay un creciente interés en los juegos como herramientas de enseñanza. En su trabajo, Isaac y Babu [27], proponen el diseño de un estudio de aplicación de la gamificación a un programa de computador, VENVI (Virtual ENVironment Interactions), con el fin de promover la motivación, el compromiso y el pensamiento computacional.
- La gamificación se ha identificado como una técnica prometedora para mejorar la participación de los estudiantes, lo que podría tener un impacto positivo en el aprendizaje. El estudio [28] evaluó la eficacia del aprendizaje y el atractivo del compromiso de una actividad gamificada dirigida al aprendizaje del lenguaje de programación C. Además, el estudio indagó qué actividades de aprendizaje gamificadas eran más atractivas para los estudiantes. Los resultados muestran efectos positivos en el compromiso de los estudiantes hacia las actividades gamificadas y una moderada mejora en los resultados del aprendizaje.
- El trabajo de Butgereit [29], describe el uso de la gamificación en el micro-aprendizaje móvil en un departamento de TI corporativo. El departamento de TI bajo investigación hizo la mayor parte de sus desarrollos de programación en Java. En un esfuerzo por mantener a todos los empleados al corriente de las últimas técnicas y tendencias de programación, además de proporcionar una nueva formación para algunos empleados junior, se implementó un enfoque gamificado de micro-aprendizaje móvil.
- Un enfoque de aprendizaje gamificado, multidimensional basado en problemas, puede producir mejores resultados incluso cuando se aplica a una tarea muy compleja y tradicionalmente "aburrida" como la enseñanza de la Programación de Computadores, como se muestra en el trabajo de Fotaris et al. [30].
- Muchos profesores reportan que los estudiantes de Programación prestan poca atención, presentan falta de concentración y tienen poca motivación para aprender a programar. En el estudio de Bogdanovych y Trescak [31], se investiga cómo la enseñanza de la Programación a la generación actual de estudiantes, "nativos digitales" que crecieron con Google y Facebook y que no conocen el mundo antes de Internet, puede ser mejorada a través de un enfoque visualmente parecido a un juego.
- En [32], se introdujo un curso de diseño de juegos para programadores novatos de pregrado, y se examinó también el efecto de diseñar juegos sobre la actitud y la motivación en estudiantes de primaria y de secundaria. El objetivo de usar juegos en este contexto es hacer que los estudiantes aprendan algo serio y difícil como programar mientras hacen algo divertido como construir y jugar juegos.
- La investigación ha declarado que el control y la motivación del estudiante son aspectos cruciales para una educación en línea exitosa. En [33], se presenta y se discute la visualización como un canal para mejorar el control del estudiante y la comprensión de los conceptos de Programación, y la gamificación como una forma de aumentar la motivación para el estudio en entornos virtuales de aprendizaje.
- Considerando los problemas que generalmente se presentan en la enseñanza de cursos de programación tales como temáticas aburridas, poco entusiasmo por el aprendizaje, estructuras gramaticales y ejemplos dispersos, entre otros, Zeng [34], propone un modo educativo gamificado, el cual puede estimular eficazmente la motivación y el interés de los estudiantes por el aprendizaje, y luego cultivar su capacidad de autoaprendizaje.
- García et al. [35], presentan un innovador entorno de aprendizaje para la enseñanza de conceptos iterativos de Programación. El sistema incluye elementos de gamificación tales como sistema de puntos, tablas de clasificación y logros. Con la aplicación del sistema, se observó

una mejora en el nivel de compromiso y en el rendimiento de los estudiantes.

- El estudio de Kotini y Tzelepi [36], define un marco de trabajo centrado en el estudiante para fortalecer su participación activa, utilizando la motivación intrínseca por el aprendizaje. Como guía para la aplicación del marco, presentan tres prototipos de escenarios y las correspondientes correlaciones con el pensamiento computacional, la gamificación y las metas de la teoría del aprendizaje constructivista a lo largo de las actividades de aprendizaje.
  - En el contexto de la Programación, el enfoque de aprender haciendo no sólo ayuda a los estudiantes a comprender mejor un concepto, sino que también facilita la identificación de patrones de resolución de problemas. Con el fin de mantener la motivación de los estudiantes, Campos et al. [8], crearon un entorno de e-Learning en línea llamado Kodesh (Koding Shell), como una forma de facilitar la práctica de los estudiantes. Algunos elementos gamificados basados en el enfoque *Points, Badges and Leaderboards*, PBL, (puntos, medallas y tablas de clasificación) se introdujeron en el entorno. Estos componentes resultaron ser un rasgo esencial para la motivación de algunos estudiantes, pero no para todos.
- En [37], se informa sobre un estudio exploratorio de otorgar medallas como parte de un sistema de clasificación por pares en un grupo de estudio de preguntas y respuestas sobre Python, el lenguaje de programación. El estudio tuvo como objetivo comprender cómo las medallas otorgadas a las respuestas en un entorno de aprendizaje basado en pares, pueden funcionar como un mecanismo para “medir” el valor de esas respuestas cuando los indicadores tradicionales de experiencia no siempre están claramente definidos e identificados.
- El juego “Wolves and Sheep” es una simulación computacional educativa y multi-agente para estudiantes de clases de Programación. La gamificación presente en él, ayuda a motivar a los estudiantes y crea experiencias de aprendizaje positivas pero desafiantes [9].
- La mayoría de los sistemas de aprendizaje existentes para el pensamiento computacional sólo funcionan en computadores de escritorio o portátiles, aunque la popularidad de los teléfonos inteligentes ha crecido rápidamente. Sakamoto et al. [38], proponen un sistema de aprendizaje

gamificado que utiliza una interfaz de usuario atractiva, con un nuevo lenguaje de programación no verbal basado en iconos, y que además funciona en teléfonos inteligentes.

#### 4. CONCLUSIONES

La gamificación empleada como una estrategia didáctica de enseñanza/aprendizaje es un tema de investigación importante en el ámbito educativo y computacional, debido a su posible aplicación para aumentar los beneficios de aprendizaje especialmente en estudiantes de áreas de conocimiento técnico como las Ciencias de la Computación, y específicamente en cursos relacionados con la Programación de Computadores. Debido a la habitual complejidad en la enseñanza/aprendizaje de la Programación, se han planteado diferentes enfoques didácticos que incorporan elementos de gamificación, y en ocasiones en combinación con otros enfoques, buscando consolidar estrategias que aporten posibles soluciones al problema.

En este trabajo utilizamos el método de mapeo sistemático (Sección 2) para recopilar, analizar y resumir los logros de investigación sobre el tema. Iniciamos el análisis de 186 artículos y, después de una cuidadosa inspección, descartamos 108 artículos que no cumplían con los criterios de inclusión y exclusión definidos. Los 78 trabajos restantes, fueron los que produjeron las evidencias para responder a las cinco (5) preguntas de investigación presentadas en la sección 2.1 – RQ1: ¿Cuáles son los objetivos de investigación y los tipos de contribuciones de los estudios sobre la gamificación como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la Programación? RQ2: ¿En qué áreas del conocimiento se ha empleado la gamificación como estrategia didáctica de enseñanza/aprendizaje? RQ3: ¿Cuáles son las estrategias didácticas más comunes relacionadas con gamificación, empleadas en la enseñanza/aprendizaje de la Programación? RQ4: ¿Existen estudios que validen la gamificación como estrategia didáctica de enseñanza/aprendizaje de la Programación? RQ5: ¿Qué piensan los autores acerca de la gamificación como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la Programación?

De acuerdo con los resultados presentados en la Sección 3, el uso de la gamificación en entornos o cursos relacionados con la Programación de Computadores, y, la presentación de propuestas de solución, son respectivamente, el principal objetivo de investigación y tipo de estudio identificados en la

literatura (ver Fig. 4), esto respondiendo a RQ1. Además, existen otras áreas del conocimiento en general y subáreas de las Ciencias de la Computación, en donde también se aplica la gamificación como estrategia didáctica (ver Tablas IV y V), lo que responde a RQ2. Se observó también que, existen estudios en los cuales se utiliza en solitario elementos de gamificación como juegos serios o entornos específicos gamificados; asimismo, estudios en donde se emplean elementos de gamificación combinados con otras estrategias como “flipped learning”, “lighweight teams”, interacción “peer to peer”, redes sociales, MOOC, “blended learning”, Moodle, y ambientes virtuales 3D, entre otras; como también estudios en donde se emplean otras estrategias sin involucrar elementos de gamificación, como MOOC y plataformas de aprendizaje personalizadas; lo anterior, respondiendo a RQ3. Es importante anotar que, existen estudios que validan el uso de la gamificación como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la Programación, tanto en solitario como en combinación con otras estrategias (ver Fig. 4); esto responde a RQ4. Nuestra revisión arrojó una cantidad importante de aportes de la comunidad investigadora que sientan una buena base para trabajos futuros, dejando en claro que la gamificación se consolida cada vez más como una estrategia didáctica válida y pertinente, no sólo en la enseñanza/aprendizaje de la Programación, sino también en otras áreas del conocimiento incluyendo las Ciencias de la Computación; todo esto da respuesta a RQ5.

Creemos que, a través del desarrollo de este mapeo sistemático, es posible proporcionar a la comunidad educativa una visión general de la investigación sobre el uso de la gamificación como recurso didáctico para la enseñanza/aprendizaje de las Ciencias de la Computación, y en especial de la Programación de Computadores. Además de mostrar el creciente número de publicaciones y una variedad de enfoques para tratar el tema, también identificamos un cúmulo importante de aportes por parte de los investigadores. Esto, como mencionamos anteriormente, puede explotarse para abrir nuevas e importantes oportunidades para la investigación futura.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a sus respectivos grupos de investigación por permitir y apoyar el desarrollo de este trabajo. Ellos son respectivamente el Grupo de Investigación

Galeras.NET del Departamento de Sistemas de la Universidad de Nariño, el Grupo de Investigación y Desarrollo en Ingeniería del Software – IDIS de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca, y el Grupo de Investigación Tecnofilia de la Facultad de Ingeniería de la Institución Universitaria CESMAG.

## REFERENCIAS

- [1] J. Sheard y D. Hagan, «Experiences with teaching object-oriented concepts to introductory programming students using C++», de *Proceedings Technology of Object-Oriented Languages. TOOLS 24.*, 1998.
- [2] A. E. Rais, S. Sulaiman y S. M. Syed-Mohamad, «Game-based approach and its feasibility to support the learning of object-oriented concepts and programming,» de *5th Malaysian Conference in Software Engineering (MySEC)*, Johor Bahru, Malaysia, 2011.
- [3] S. Deterding, M. Sicart, L. Nacke, K. O'Hara y D. Dixon, «Gamification: Using Game Design Elements in Non-Gaming Contexts,» de *CHI '11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, Vancouver, BC, Canada, 2011.
- [4] J. J. Lee y J. Hammer, «Gamification in Education: What, How, Why Bother?,» *Academic Exchange Quarterly*, vol. 15, nº 2, pp. 146-150, 2011.
- [5] K. Petersen, R. Feldt, S. Mujtaba y M. Mattsson, «Systematic mapping studies in software engineering,» de *Proceedings of the 12th international conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, Italy, 2008.
- [6] T. Dybå, T. Dingsøyr y G. K. Hanssen, «Applying Systematic Reviews to Diverse Study Types: An Experience Report,» de *Proceedings of the First International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*, Washington, DC, USA, 2007.
- [7] R. Wieringa, N. Maiden, N. Mead y C. Rolland, «Requirements engineering paper classification and evaluation criteria: a proposal and a discussion,» *Requirements Engineering*, vol. 11, pp. 102-107, 2005.
- [8] A. M. C. Campos, E. Batista, A. Signoretti, R. Q. Gardiman y C. A. G. Madeira, «Gamifying activities in a higher education course,» de *Proceedings of the European Conference on Games-based Learning*, Steinkjer, Norway, 2015.
- [9] D. T. Reitter, «Hungry Wolves, creepy sheepies: The gamification of the programmer's classroom,» de *Innovative Practices in Teaching Information Sciences and Technology: Experience Reports and Reflections*, Springer International Publishing, 2014, pp. 19-29.
- [10] J. Pirker, M. Riffhaller-Schiefer y C. Gütl, «Motivational active learning: engaging university students in computer science education,» de

- Proceedings of the 2014 conference on Innovation & technology in computer science education*, Uppsala, Sweden, 2014.
- [11] D. K. Dicheva, «Combining Flipped Learning with Gamification to Improve Student Performance in a Data Structures Course,» de *Proceedings of the 47th ACM Technical Symposium on Computing Science Education*, Memphis, Tennessee, USA, 2016.
- [12] N. Tillmann, J. De Halleux, T. Xie y J. Bishop, «Code hunt: gamifying teaching and learning of computer science at scale,» de *Proceedings of the first ACM conference on Learning @ scale conference*, Atlanta, Georgia, USA, 2014.
- [13] A. Knutas, J. Ikonen, U. Nikula y J. Porras, «Increasing collaborative communications in a programming course with gamification: a case study,» de *Proceedings of the 15th International Conference on Computer Systems and Technologies*, Ruse, Bulgaria, 2014.
- [14] L. B. Martínez Elizalde y M. G. Duarte Domínguez, «Exploring Gamification to Teach Computer Science to Non-computer Science Related Major,» de *Proceedings of the 47th ACM Technical Symposium on Computing Science Education*, Memphis, Tennessee, USA, 2016.
- [15] C. Latulipe, N. B. Long y C. E. Seminario, «Structuring Flipped Classes with Lightweight Teams and Gamification,» de *Proceedings of the 46th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, Kansas City, Missouri, USA, 2015.
- [16] L. Sui, J. Dietrich, E. Heinrich y M. Meyer, «A Web-Based Environment for Introductory Programming based on a Bi-Directional Layered Notional Machine,» de *Proceedings of the 2016 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, Arequipa, Peru, 2016.
- [17] J. C. Paiva, J. P. Leal y R. A. Queirós, «Enki: A Pedagogical Services Aggregator for Learning Programming Languages,» de *Proceedings of the 2016 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, Arequipa, Peru, 2016.
- [18] M. A. Almeida Mesquita, A. M. Toda, J. D. Brancher y R. M. Casseb Do Carmo, «Utilizing gamification with social network to aid students in programming languages lessons in higher education IT courses,» de *Proceedings of the 45th ACM technical symposium on Computer science education*, Atlanta, Georgia, USA, 2014.
- [19] A. W. Schmolitzky y T. Göttel, «Guess my object: an 'objects first' game on objects' behavior and implementation with bluej,» de *Proceedings of the 2014 conference on Innovation & technology in computer science education*, Uppsala, Sweden, 2014.
- [20] F. L. Khaleel, N. S. Ashaari, T. S. Meriam, T. Wook y A. Ismail, «The study of gamification application architecture for programming language course,» de *Proceedings of the 9th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication*, Bali, Indonesia, 2015.
- [21] M. Piccioni, C. Estler y B. Meyer, «SPOC-supported introduction to programming,» de *Proceedings of the 2014 conference on Innovation & technology in computer science education*, Uppsala, Sweden, 2014.
- [22] N. Barreiro y C. Matos, «A blended learning model for practical sessions,» de *2016 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS)*, Gdańsk, Poland, 2016.
- [23] J. Beltrán, H. Sánchez y M. Rico, «Increase motivation in learning Java Programming Fundamentals using Gamified Moodle: Case: Central University of Ecuador,» de *2016 11th Iberian Conference on Information Systems and Technologies*, Gran Canaria, Canary Islands, Spain, 2016.
- [24] G. Sprint y D. Cook, «Enhancing the CS1 student experience with gamification,» de *2015 IEEE Integrated STEM Education Conference*, Princeton, New Jersey, 2015.
- [25] B. S. Akpolat y W. Slany, «Enhancing software engineering student team engagement in a high-intensity extreme programming course using gamification,» de *2014 IEEE 27th Conference on Software Engineering Education and Training (CSEE&T)*, Klagenfurt, Austria, 2014.
- [26] G. Lückemeyer, «Virtual blended learning enriched by gamification and social aspects in programming education,» de *2015 10th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)*, Cambridge, United Kingdom, 2015.
- [27] J. Isaac y S. V. Babu, «Supporting computational thinking through gamification,» de *2016 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)*, Los Ángeles, California, USA, 2016.
- [28] M. B. Ibáñez, Á. Di Serio y C. Delgado Kloos, «Gamification for Engaging Computer Science Students in Learning Activities: A Case Study,» *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 7, pp. 291-301, 2014.
- [29] L. Butgereit, «Gamifying mobile micro-learning for continuing education in a corporate IT environment,» de *2016 IST-Africa Week Conference*, Durban, South Africa, 2016.
- [30] P. Fotaris, T. Mastoras, R. Leinfellner y Y. Z. Rosunally, «Climbing up the leaderboard: An empirical study of applying gamification techniques to a computer programming class,» *Electronic Journal of e-Learning*, vol. 14, pp. 94-110, 2016.
- [31] A. Bogdanovych y T. Trescak, «Teaching programming fundamentals to modern university students,» de *Proceedings of the 8th International Conference on Computer Supported Education - CSEDU 2016*, Rome, Italy, 2016.
- [32] S. Mladenović, D. Krpan y M. Mladenovic, «Using games to help novices embrace programming: From elementary to higher education,» *International Journal of Engineering Education*, vol. 32, pp. 521-531, 2016.
- [33] M. Olsson, P. Mozelius y J. Collin, «Visualisation and gamification of e-Learning and programming education,» *Electronic Journal of e-Learning*, vol. 13,

pp. 441-454, 2015.

- [34] X. Zeng, «Educational exploration based on computational thinking capacity cultivating,» de *Proceedings of the 2015 2nd International Conference on Computer, Intelligent and Education Technology, CICET 2015*, Guilin, P.R. China, 2015.
- [35] J. García, J. R. Copiaco, J. P. Nufable, F. Amoranto y J. J. Azcarraga, «Code it! A gamified learning environment for iterative programming,» de *Proceedings of the 23rd International Conference on Computers in Education, ICCE 2015*, Hangzhou, China, 2015.
- [36] I. Kotini y S. Tzelepi, «A gamification-based framework for developing learning activities of computational thinking ,» de *Gamification in Education and Business*, Springer International Publishing, 2015, pp. 219-252.
- [37] M. Ponti, «"Remember to hand out medals": Peer rating and expertise in a question-and-answer study group,» *International Review of Research in Open and Distance Learning*, vol. 16, pp. 327-350, 2015.
- [38] K. Sakamoto, K. Takano, H. Washizaki y Y. Fukazawa, «Learning system for computational thinking using appealing user interface with icon-based programming language on smartphones,» de *Proceedings of the 21st International Conference on Computers in Education, ICCE 2013*, Denpasar Bali, Indonesia, 2013.
- [39] P. E. Anderson, T. Nash y R. McCauley, «Facilitating Programming Success in Data Science Courses through Gamified Scaffolding and Learn2Mine,» de *Proceedings of the 2015 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, Vilnius, Lithuania, 2015.
- [40] B. B. Morrison y B. DiSalvo, «Khan academy gamifies computer science,» de *Proceedings of the 45th ACM technical symposium on Computer science education*, Atlanta, Georgia, USA, 2014.
- [41] A. Iosup y D. Epema, «An experience report on using gamification in technical higher education,» de *Proceedings of the 45th ACM technical symposium on Computer science education*, Atlanta, Georgia, USA, 2014.
- [42] S. Fouché y A. H. Mangle, «Code hunt as platform for gamification of cybersecurity training,» de *Proceedings of the 1st International Workshop on Code Hunt Workshop on Educational Software Engineering*, Baltimore, MD, USA, 2015.
- [43] D. Isayama, M. Ishiyama, R. Relator y K. Yamazaki, «Computer Science Education for Primary and Lower Secondary School Students: Teaching the Concept of Automata,» *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, vol. 17, nº 2, pp. 1-28, 2016.
- [44] T. E. Gibbons, «COR: a new course framework based on elements of game design,» de *Proceedings of the 14th annual ACM SIGITE conference on Information technology education*, Orlando, Florida, USA, 2013.
- [45] A. Knutas, J. Ikonen, D. Maggiorini, L. Ripamonti y J. Porras, «Creating software engineering student interaction profiles for discovering gamification approaches to improve collaboration,» de *Proceedings of the 15th International Conference on Computer Systems and Technologies*, Ruse, Bulgaria, 2014.
- [46] L. Haaranen, P. Ihantola, L. Hakulinen y A. Korhonen, «How (not) to introduce badges to online exercises,» de *Proceedings of the 45th ACM technical symposium on Computer science education*, Atlanta, Georgia, USA, 2014.
- [47] K. Davis y E. Klein, «Investigating High School Students' Perceptions of Digital Badges in Afterschool Learning,» de *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, Seoul, Republic of Korea, 2015.
- [48] J. A. Medina, J. J. Sánchez, E. García-López y A. García-Cabot, «Learning outcomes using objectives with computer science students,» de *Proceedings of the 2014 conference on Innovation & technology in computer science education*, Uppsala, Sweden, 2014.
- [49] A. Decker y E. Lane Lawley, «Life's a game and the game of life: how making a game out of it can change student behavior,» de *Proceeding of the 44th ACM technical symposium on Computer science education*, Denver, Colorado, USA, 2013.
- [50] T. Lehtonen, T. Aho, E. Isohanni y T. Mikkonen, «On the role of gamification and localization in an open online learning environment: javala experiences,» de *Proceedings of the 15th Koli Calling Conference on Computing Education Research*, Koli, Finland, 2015.
- [51] S. Mystakidis, N. Lambropoulos, H. M. Fardoun y D. M. Alghazzawi, «Playful Blended Digital Storytelling in 3D Immersive eLearning Environments: a Cost Effective Early Literacy Motivation Method,» de *Proceedings of the 2014 Workshop on Interaction Design in Educational Environments*, Albacete, Spain, 2014.
- [52] N. Hynes, «Realism in Interactive Tutors,» de *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, Seoul, Republic of Korea, 2015.
- [53] S. Villagrasa, D. Fonseca y J. Durán, «Teaching case: applying gamification techniques and virtual reality for learning building engineering 3D arts,» de *Proceedings of the Second International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, Salamanca, Spain, 2014.
- [54] Z. Bodnar, «Using Game Mechanics to Enhance Leadership Education,» *eLearn Magazine*, vol. 2014, nº 4, p. 4, 2014.
- [55] N. J. G. Falkner y K. E. Falkner, «"Whither, badges?" or "wither, badges!": a metastudy of badges in computer science education to clarify effects, significance and influence,» de *Proceedings of the 14th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, Koli, Finland, 2014.
- [56] K. D. S. Figueiredo, «Gamified Courses in Information Systems Program,» de *Proceedings of the annual conference on Brazilian Symposium on Information Systems: Information Systems: A Computer Socio-*

*Technical Perspective - Volume 1*, Goiania, Goias, Brasil, 2015.

- [57] J. A. Ruipérez Valiente, P. J. Muñoz Merino y C. Delgado Kloos, «Analyzing students' intentionality towards badges within a case study using Khan academy,» de *Proceedings of the Sixth International Conference on Learning Analytics & Knowledge*, Edinburgh, United Kingdom, 2016.
- [58] P. E. Anderson, C. Turner y J. Dierksheide, «An extensible online environment for teaching data science concepts through gamification,» de *2014 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, Madrid, Spain, 2014.
- [59] D. Assante, C. Fornario, A. El Sayed y S. A. Salem, «Edutronics: Gamification for introducing kids to electronics,» de *2016 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2016.
- [60] J. Pirker, C. Gutl y Y. Astatke, «Enhancing online and mobile experimentations using gamification strategies,» de *2015 3rd Experiment International Conference (exp.at'15)*, Ponta Delgada, São Miguel Island, Azores, Portugal, 2015.
- [61] I. Schmidt, «Evaluating Digital Applications for Language Learning: Outcomes and Insights,» de *2014 6th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)*, Msida, Malta, 2014.
- [62] P. Liu y Z. Peng, «Gamification interaction design of online education,» de *2013 2nd International Symposium on Instrumentation and Measurement, Sensor Network and Automation (IMSNA)*, Toronto, ON, Canada, 2013.
- [63] M. Sanmugam, Z. Abdullah y N. M. Zaid, «Gamification: Cognitive impact and creating a meaningful experience in learning,» de *2014 IEEE 6th Conference on Engineering Education (ICEED)*, Kuala Lumpur, Malaysia, 2014.
- [64] Y. Pan, D. Schwartz y S. Mishra, «Gamified digital forensics course modules for undergraduates,» de *2015 IEEE Integrated STEM Education Conference*, Princeton, New Jersey, 2015.
- [65] M. Fuchs y C. Wolff, «Improving programming education through gameful, formative feedback,» de *2016 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2016.
- [66] S. Kanyacome y Y. Poovarawan, «Learning skills development with Gamification Mechanism for Thai juveniles,» de *2015 8th International Conference on Ubi-Media Computing (UMEDIA)*, Colombo, Sri Lanka, 2015.
- [67] I. Cabezas, «On combining gamification theory and ABET criteria for teaching and learning engineering,» de *2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, El Paso, TX, USA, 2015.
- [68] R. F. Maia y F. R. Graeml, «Playing and learning with gamification: An in-class concurrent and distributed programming activity,» de *2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, El Paso, TX, USA, 2015.
- [69] C. Dichev y D. Dicheva, «Support for independent learning in evolving computer science disciplines,» de *2013 Third World Congress on Information and Communication Technologies (WICT 2013)*, Hanoi, Vietnam, 2013.
- [70] R. Applegate, D. Aitken, T. Chang y R. MacKinnon, «The implementation of cardiopulmonary resuscitation training using mobile uploads, gamification and direct feedback manikins a study in sixth form student,» de *2015 International Conference on Interactive Mobile Communication Technologies and Learning (IMCL)*, Thessaloniki, Greece, 2015.
- [71] D. Ambrosio Mawhirter y P. Ford Garofalo, «Expect the Unexpected: Simulation Games as a Teaching Strategy,» *Clinical Simulation in Nursing*, vol. 12, pp. 132-136, 2016.
- [72] A. Antonaci, F. M. Dagnino, M. Ott, F. Bellotti, R. Berta, A. De Gloria, E. Lavagnino, M. Romero, M. Usart y I. Mayer, «A gamified collaborative course in entrepreneurship: Focus on objectives and tools,» *Computers in Human Behavior*, vol. 51, pp. 1276-1283, 2015.
- [73] K. Browne, C. Anand y E. Gosse, «Gamification and serious game approaches for adult literacy tablet software,» *Entertainment Computing*, vol. 5, pp. 135-146, 2014.
- [74] U. Faghihi, A. Brautigam, K. Jorgenson, D. Martin, Á. Brown, E. Measures y S. Maldonado Bouchard, «How Gamification Applies for Educational Purpose Specially with College AlgebraOriginal,» *Procedia Computer Science*, vol. 41, pp. 182-187, 2014.
- [75] N. A. Mokadam, R. Lee, A. A. Vaporciyan, J. D. Walker, R. J. Cerfolio, J. L. Hermsen, C. J. Baker, R. Mark, L. Aloia, D. H. Enter, A. J. Carpenter, M. R. Moon, E. D. Verrier y J. I. Fann, «Gamification in thoracic surgical education: Using competition to fuel performance,» *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, vol. 150, pp. 1052-1058, 2015.
- [76] Y. Hung, R. I. Chang y C. Lin, «Developing Computer Science Learning System with Hybrid Instructional Method,» *International Journal of Engineering Education*, vol. 32, pp. 995-1006, 2016.
- [77] A. V. Uskov, «Gamification in computer science,» de *Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services*, IOS Press, 2013, pp. 41-50.
- [78] T. Di Mascio, R. Gennari, A. Melonio y P. Vittorini, «Gamify your field studies for learning about your learners,» *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 292, pp. 135-142, 2014.
- [79] D. K. Watson, M. S. Hancock y R. L. Mandryk, «Gamifying behaviour that leads to learning,» de *1st International Conference on Gameful Design, Research, and Applications, Gamification 2013*, Stratford, ON, Canada, 2013.
- [80] A. Draz, S. Abdennadher y Y. Abdelrahman, «Kodr: A customizable learning platform for computer science education,» de *11th European Conference on Technology Enhanced Learning*, Lyon, France, 2016.
- [81] P. Heyvaer, R. Verborgh, E. Mannens y R. V. Van De

Walle, «Linked data-enabled gamification in EPUB 3 for educational digital textbooks,» de *10th European Conference on Technology Enhanced Learning, EC-TEL 2015*, Toledo, Spain, 2015.

- [82] N. Mitchell, N. Danino y L. May, «Motivation and manipulation: A gamification approach to influencing undergraduate attitudes in computing,» de *7th European Conference on Games Based Learning, ECGBL 2013*, Porto, Portugal, 2013.
- [83] G. Doderó, R. Gennari y A. Melonio, «PALX: Player and learner experience design: Can we design for both?,» de *11th Biannual Conference of the ACM SIGCHI Italian Chapter, CHIItaly 2015*, Rome, Italy, 2015.
- [84] P. Øhrstrøm, U. SandBorg Petersen, S. Thorvaldsen y T. Ploug, «Teaching syllogistics through gamification and interactive proofs,» de *10th European Conference on Technology Enhanced Learning, EC-TEL 2015*,

Toledo; Spain, 2015.

- [85] H. Caton y D. R. Greenhill, «The effects of gamification on student attendance and team performance in a third-year undergraduate game production module,» de *7th European Conference on Games Based Learning, ECGBL 2013*, Porto, Portugal, 2013.



# Últimos avances en la fabricación aditiva con materiales metálicos

*Latest advances in additive manufacturing with metallic materials*

**Alexandra Balbás Calvo, Ing.**

*Universidad Nacional de Educación a Distancia  
España*

[abalbas7@alumno.uned.es](mailto:abalbas7@alumno.uned.es)

**María del Mar Espinosa, PhD.**

*Universidad Nacional de Educación a Distancia  
España*

[mepinosa@ind.uned.es](mailto:mepinosa@ind.uned.es)

**Manuel Domínguez Somonte, PhD.**

*Universidad Nacional de Educación a Distancia  
España*

[mdominguez@ind.uned.es](mailto:mdominguez@ind.uned.es)

(Recibido el 19-05-2017, Aprobado el 29-09-2017, Publicado el 16-01-2018)

Estilo de Citación de Artículo:

A. Balbás, M. Espinosa, M. Domínguez, "Últimos avances en la fabricación aditiva con materiales metálicos", Lámpsakos, no. 19, pp 47-54, 2018

DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2365>

**Resumen** – La aparición de la fabricación aditiva ha sido y es una de las grandes revoluciones industriales de las últimas décadas. Las diversas tecnologías de fabricación aditiva permiten la creación de piezas con formas muy complejas, muy difíciles de fabricar antaño, en las que además el desperdicio de material es prácticamente inexistente. La fabricación aditiva no solo sirve para la creación de maquetas, si no que se pueden crear piezas perfectamente funcionales, para ello, se suelen emplear materiales metálicos. Este artículo explora la evolución de las diferentes tecnologías de fabricación aditiva con materiales metálicos. Está dividido en cuatro secciones principales en las que se define la fabricación aditiva, se exponen los hitos más importantes de su reciente historia, se definen las tecnologías y materiales más característicos y se comentan los retos y las perspectivas de futuro de la misma.

**Palabras clave:** Impresión 3D, fabricación aditiva, metal

**Abstract** – The appearance of additive manufacturing has been and it is one of the greatest industrial revolutions in the last decades. The variety of additive manufacturing technologies allows the creation of very complex shape parts almost impossible to manufacture langsyne in which the waste of material is practically non-existent. Additive manufacturing not only serves to create models but also serves to create functional parts in which metal is one of the most used materials. This paper explores the evolution of the different metal additive manufacturing technologies. It is divided in four sections in which additive manufacturing is

defined, the most significant milestones of its brief history are shown along with the most characteristic technologies and materials. To conclude, an analysis of the challenges and future perspectives is presented.

**Keywords:** 3D printing, additive manufacturing, metal

## 1 INTRODUCCIÓN

La fabricación aditiva se presenta como una de las grandes revoluciones de finales del siglo XX. Comienza el 9 de marzo de 1983 con la invención de la estereolitografía (SL) de la mano de Charles Hull. En apenas 30 años se han desarrollado numerosas métodos y tecnologías que permiten la impresión de diferentes piezas de diversos tamaños materiales y formas, con unas grandes precisiones dimensionales y cualidades mecánicas. Hod Lipson, investigador en la universidad de Cornell afirma que la fabricación aditiva generará cambios de gran alcance, a escala económica y social y en varios modelos de negocio. Por ejemplo, un cambio en la cadena de distribución podría consistir en que, quizá dentro de 20 años, un cliente pueda seleccionar un futuro diseño de smartphone, descargarlo e imprimirlo en una tienda local, lo que eliminaría la fabricación, el montaje y la logística tradicionales.

La fabricación aditiva presenta una serie de ventajas frente a la fabricación tradicional. En primer lugar, el desperdicio de material es considerablemente menor. Además, permite la obtención de geometrías muy complejas y el coste del proceso no se ve afectado por ello. El hecho de poder crear piezas diferentes en una misma serie de manera independiente del volumen de la misma, la convierte en una muy buena alternativa para la obtención de objetos personalizados fabricados en series cortas ya que tampoco encarece el proceso.

Otra gran ventaja de la fabricación aditiva es su gran versatilidad en comparación con la fabricación sustractiva en la que una pieza puede necesitar varias operaciones en diferentes máquinas especializadas y costosas.

Estas ventajas, son especialmente interesantes para las industrias bélica y aeroespacial ya que les permite obtener rápidamente casi cualquier tipo de pieza en lugares remotos o de difícil acceso sin la necesidad de almacenar piezas de sustitución que ocupan espacio y pueden quedar obsoletas [1]. La fabricación aditiva en la industria médica se centra, principalmente, en la producción de piezas personalizadas para cada individuo (prótesis, modelos que permitan pre-visualizar una operación, etc.) [2]. En cuanto a la industria de la construcción, la fabricación aditiva es clave en la creación de estructuras que armonicen la integración paisajística o la sostenibilidad de las construcciones debido a la limitación de los residuos generados.

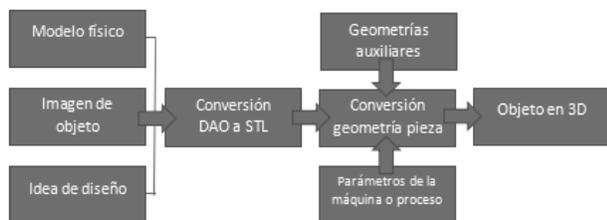


Fig. 1 Flujo de información en fabricación aditiva

La fabricación aditiva ha evolucionado en todos estos sectores para adaptarse a sus necesidades. Han aparecido nuevas tecnologías, y cada día nuevos materiales son susceptibles de ser empleados. La Fig.1 muestra una gráfica proporcionada por Senvol, una de las mayores y más robustas bases de datos relacionadas con la fabricación aditiva. En esta gráfica se observa que el número de materiales metálicos disponibles es el segundo mayor después de los materiales poliméricos en fabricación aditiva. Se adjunta Tabla

1, en la que se incluyen las siglas empleadas a lo largo del texto.

Tabla 1. NOMENCLATURA. SIGLAS MÁS UTILIZADAS EN IMPRESIÓN 3D AM, Fabricación aditiva.

DAO, Diseño asistido por ordenador
EBM, Fusión por haz de electrones
LAM, Fabricación aditiva por láser
LENS, Fabricación por láser de conformación de red
LOM, Fabricación laminada
NPJ, Haz de nanopartículas
SL, Estereolitografía
SLM, Fusión selectiva por láser.
SLS, Sinterizado selectivo por láser
STL, Estereolitografía. Archivo digital de diseño
UC, Consolidación ultrasónica.
WAAM, Fabricación aditiva por soldadura



Fig. 2 Tipos de materiales en fabricación aditiva

## 2 DEFINICIÓN DE FABRICACIÓN ADITIVA

La fabricación aditiva se define, según la norma ASTM F2792-10: “El proceso de unión de materiales para crear objetos desde un modelo 3D, la unión se produce usualmente capa tras capa, en contraposición a las tecnologías de fabricación sustractiva”. La Asociación Española de Tecnologías de Fabricación Aditiva y 3D (ADDIMAT) la define como “Grupo de procesos que se basan en añadir material de forma selectiva, formando un objeto mediante la superposición de capas sucesivas de material a partir de un modelo digital.”

La fabricación aditiva parte de un modelo físico, imágenes o una idea que es transferido a un modelo DAO 3D. Este modelo se convierte a formato STL, en él se recogen las superficies de las piezas y se malla. Para definir la a conversión de la geometría de la pieza final, además del archivo STL, es necesario

tener en cuenta las posibles geometrías auxiliares y los parámetros de la máquina y el proceso. Una vez se obtiene esta geometría final, se puede proceder a la construcción de la pieza. Este flujo de información está reflejado en la Fig.2.

### 3 EVOLUCIÓN DE LA FABRICACIÓN ADITIVA CON METALES

En 1971 Ujii (Mitsubishi) fabrica un recipiente a presión mediante soldaduras SAW y TIG, en 1983 Kussmaul emplea esta técnica para fabricar componentes de acero para aplicaciones nucleares. Este tipo de fabricación aditiva se conoce como WAAW (Wire + Arc Additive Manufacturing) y se basa en las técnicas de soldadura tradicionales en las cuales se usa un arco eléctrico como fuente de calor que funde el metal y lo deposita en capas superpuestas, Fig.3. [3]



Fig. 3 Pieza de acero fabricada mediante tecnología WAAW

La segunda técnica desarrollada en la fabricación aditiva de metales conocida como SLS (Selective Laser Sintering) es presentada en 1986 de la mano de Deckard & Beaman y finalmente se publica la patente en 1990 [4]. La fuente de calor es un láser de CO<sub>2</sub> y el metal se encuentra en forma de polvo. El mismo año que se publica la patente, Manriquez-Frayre y Bourelly imprimen la primera pieza metálica mediante esta técnica. La pieza, Fig.4, ha sido realizada en 72 capas de material compuesto en gran medida por cobre. [5]

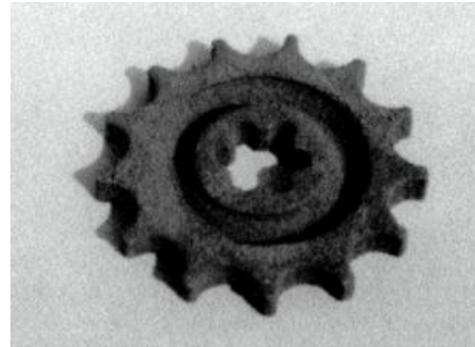


Fig. 4 Primera pieza metálica impresa en 3D mediante SLS. Al año siguiente, Helisys comercializa por primera vez la tecnología de fabricación aditiva que puede trabajar con metales llamada LOM (Laminated Object Manufacturing) que consiste en un láser que une y corta láminas de metal u otros materiales, Fig.5. [6]



Fig. 5. Pieza fabricada mediante la técnica LOM

La técnica de SLM (Selective Laser Melting) aparece en 1995 en un proyecto de investigación en el Fraunhofer Institute ILT in Aachen, Alemania. El material base es un metal en estado de polvo que se va fundiendo con un láser de alta energía, a diferencia de SLS, el polvo se funde completamente y crea una pieza homogénea.

En 1997 se funda AeroMet. Esta compañía desarrolla un proceso llamado LAM (Laser Additive Manufacturing) que emplea láseres de alta energía para la fusión de polvos de aleaciones titanio-aluminio. Con esta técnica se crearon piezas que fueron usadas en el sector aeroespacial, Fig.6. [6]



Fig. 6 Pieza fabricada con tecnología LAM

Ese mismo año, la empresa Optomec presenta la tecnología LENS (Laser Engineered Net Shaping), consiste en un láser que funde una fina capa de la pieza seguido por una boquilla que libera polvos metálicos que se adhieren a esa capa. [7]

En el año 2000 Dawn White se presenta la patente para el método de UC (Ultrasonic Consolidation) [8]. Esta técnica permite la unión de diferentes tipos de metales a baja temperatura mediante la creación de capas intersticiales de óxido por efecto de vibraciones ultrasónicas.

Durante los siguientes diez años, varias compañías se centran en la comercialización de diferentes máquinas de fabricación aditiva de metales. Los precios iniciales fueron muy elevados, pero se fueron mejorando las prestaciones de las máquinas (en cuanto a espacio, velocidad...etc.) y aparecen nuevos materiales con mejores propiedades.

A comienzos del 2009 se funda el ASTM Comité F42 on Additive Manufacturing Technologies, este comité se crea para producir estándares en los ensayos, los procesos, los materiales, los diseños y la terminología.

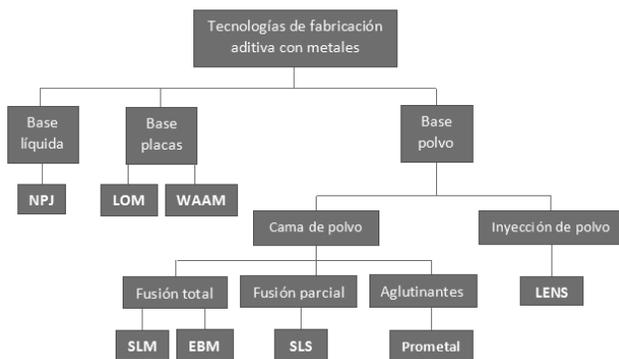


Fig. 7. Esquema basado en los trabajos de V.W Kaufui et al [10], Company 3DHubs [11], B. Schoinochoritis et al [12]

#### 4. TECNOLOGÍAS EN LA FABRICACIÓN ADITIVA CON METALES

Las dos partes principales de un proceso de fabricación aditiva son el tipo de materia prima y la fuente de energía que se emplea para consolidar las piezas [9]. En cuanto a las materias primas, podemos encontrarlas en forma líquida o sólida.

La Fig.7 muestra un esquema basado en los artículos de V.W Kaufui et al [10], Company 3DHubs [11], B. Schoinochoritis et al [12]. La clasificación de las tecnologías se realiza en función del estado de los metales empleados como materia prima.

En el apartado de aporte de metal en forma líquida se encuentra la tecnología NPJ (Nano Particles Jet), presentada por Xjet a finales de noviembre de 2016. Consiste en la deposición de tinta metálica de forma controlada. La tinta está formada por partículas de polvo de tamaño sub-micrométrico y de un agente líquido. A medida que la tinta se deposita el agente líquido se evapora y las partículas metálicas se fusionan gracias al elemento calefactor que pasa sobre ellas. El grosor mínimo de capa puede alcanzar una micra, no necesita post-procesado [13]. Además de NPJ, se están desarrollando otras tecnologías con aporte de metal en estado líquido como presentan en [14], aunque aún se encuentra en sus primeras fases de desarrollo.

La LOM (Laminated Object Manufacturing) [15] consiste en un flujo continuo de una lámina sólida de metal (u otros materiales) que es cortada por un láser y pegada mediante adhesivos sensibles al calor a las demás láminas creando formas tridimensionales.

La precisión depende del espesor de la lámina y es menor en comparación a otras técnicas como SLS (Selective Laser Sintering). El ratio de construcción con

LOM es elevado y permite la creación de grandes piezas, estas piezas no son funcionales ni necesitan tratamientos posteriores, por lo que uno de sus usos principales es la construcción de modelos a escala, prototipos conceptuales de análisis de viabilidad o modelos de organización y planificación del trabajo, como se muestra [16]. La tecnología WAAM (Wire + Arc Additive Manufacturing) es muy similar a la soldadura, el metal se aporta en forma de hilo, y un arco eléctrico lo funde. Las ventajas de esta técnica son los grandes ratios de deposición de material, haciendo que su principal uso sea la creación de piezas de grandes dimensiones. La precisión dimensional es baja y necesita tratamiento térmico de postprocesado para eliminar las tensiones internas generadas. Los tratamientos postprocesado no tienen fines únicamente funcionales, muchos de los tratamientos que se aplican, como el lijado, sirven para mejorar la calidad superficial con fines estéticos. [17].

El metal en base polvo es la materia prima más utilizada por la mayoría de las tecnologías. En él, se distinguen dos grupos principales, las tecnologías que emplean cama de polvo, y las que lo inyectan directamente sobre la pieza. En este último grupo se encuentra la tecnología LENS (Laser Engineered Net Shaping). Esta tecnología consiste en un cabezal de impresión que añade el polvo y se mueve en los tres ejes y un láser enfocado hacia él. El polvo es sinterizado mientras abandona el cabezal y alcanza la

pieza. El espesor de capa oscila entre los 130-180 micrómetros y posee una precisión dimensional media (comparado con las demás tecnologías) del orden de 0,05 a 0,35 milímetros. Precisa postprocesado y su principal uso es la reparación de piezas aeronáuticas.

En el segundo grupo, las piezas se fabrican en una cama de polvo que las rodea, la ventaja frente al primer grupo es que no se necesitan geometrías de apoyo ya que la propia cama soporta la pieza. La desventaja es la cantidad de material necesaria para crear la cama y su reciclado. Dentro de este grupo hay tres categorías que distinguen la forma de unión del polvo. En la primera categoría el polvo se funde completamente en una pieza homogénea; en la segunda categoría, la energía aplicada es inferior a la energía de fusión del metal, y las partículas se unen a nivel molecular, por lo que es aplicable a aleaciones. En la última categoría el polvo se une a través de sustancias aglutinantes.

En la Fig.7 se presentan, en la categoría de fusión completa de polvo, las tecnologías SLM (Selective Laser Melting) y EBM (Electron Beam Melting). Estas dos tecnologías son muy similares, consisten en una cama de polvo y una fuente de energía funde el polvo en unas áreas determinadas creando así la pieza. Las principales diferencias son las fuentes de energía; un láser en el caso de SLM y un haz de electrones en el caso de EBM. Para poder trabajar con el láser es necesario trabajar con un gas inerte, generalmente argón o nitrógeno. En el caso de EBM es necesario trabajar en vacío a unos niveles de 10<sup>-3</sup> Pa. El espesor de capa para EBM oscila entre los 45-100 micrómetros y para el SLM 20-100 micrómetros. En cuanto a resultados, la precisión dimensional en ambos es alta, en torno a los 0.004 milímetros. Las piezas realizadas por la técnica EBM poseen mayor densidad. [18]

La segunda categoría presenta la tecnología SLS (Selective Laser Sintering) esta tecnología es muy similar a la SLM, la diferencia está en la temperatura que alcanza el polvo metálico que es menor y no llega a fundirse. La ventaja de esta técnica es que permite el empleo de aleaciones metálicas. El tamaño de las partículas metálicas oscila entre los 30-45 micrómetros.

Por último, el tercer grupo engloba las tecnologías que emplean sustancias aglutinantes para unir el polvo. Encontramos Prometal, una tecnología que emplea acero inoxidable como materia prima. El proceso es como todos los demás que tienen cama de polvo. Un mecanismo con pistones desciende la cama una vez se completa una capa y añade material por encima. Esta tecnología precisa de postprocesado (sinterizado, acabados superficiales) si las piezas que se crean son funcionales. [10]

Las características de cada tecnología de fabricación aditiva son diferentes, las más representativas son el tamaño del haz, el espesor de capa, el ratio de deposición, el acabado superficial o el estrés residual de la pieza.

#### 4 EL POLVO COMO MATERIA PRIMA

Las propiedades del polvo metálico son fundamentales para determinar la eficiencia y calidad del proceso y las piezas. Las principales características del polvo de metal son su densidad o compresibilidad, su tamaño o distribución de tamaños y su capacidad de llenar huecos. Las fuerzas que influyen en su comportamiento son las fuerzas de cohesión, de van der Waals y electrostáticas. Todas ellas, en un entorno multidimensional y multivariable.

En la Tabla 2 se observan los principales metales empleados en forma de polvo metálico en fabricación aditiva

**Tabla 2.** LISTA DE METALES MÁS COMUNES EMPLEADOS EN FABRICACIÓN ADITIVA [19]

Denominación	Material
Aleaciones de Aluminio	AlSi10Mg
	AlSi7Mg
	AlSi12
Aleaciones de Cobalto	ASTM F75
	CoCrWC
Aceros herramienta	AISI 420
	Marage 300
	H13
	AISI D2
	AISI A2
Aleaciones de Níquel	AISI S7
	Inconel 718
	Inconel 625
	Inconel 713
	Inconel 738
Aceros Inoxidables	Hastelloy X
	SS 304
	SS 316 L
	SS 410
Aleaciones de Titanio	15-5 PH
	Titanium Grade 2
	Ti6Al4V
	Ti6Al4V ELI
Aleaciones de metales preciosos	TiAl6Nb7
	Oro de joyería
Aleaciones de Cobre	Plata
	CC 480 K

## 5 RETOS Y PERSPECTIVAS DE FUTURO DE LA FABRICACIÓN ADITIVA CON METALES

La fabricación aditiva con metales debe dar respuesta a múltiples problemas que van surgiendo, algunos de ellos son:

### 5.1 La forma de pensar del ser humano.

El ser humano está acostumbrado a diseñar según los tipos de fabricación que ya conoce; la fabricación aditiva permite la creación de geometrías antes impensables y es necesario reorganizar la forma de crear soluciones.

### 5.2 Transformación del diseño DAO a la geometría final que se va a fabricar.

Una vez se ha diseñado la geometría deseada (Fig. 2). Esta se transforma en un fichero tipo STL, la conversión a STL consiste en transformar la superficie pieza diseñada en una malla hecha con triángulos. Esta conversión puede ser optimizada, y se está trabajando en ello.

Para obtener la geometría final de la pieza que se va a fabricar es esencial conocer su posicionamiento, que dependerá, entre otros factores, de la/s cara/s en las que se precise un mejor acabado o las dimensiones de la misma. En algunas tecnologías de fabricación aditiva, como la LENS, puede ser necesaria la creación de soportes. Estos soportes evitan hundimientos de la pieza. Su colocación y dimensiones están siendo estudiados y serán optimizados ya que son un gasto de tiempo, energía y material.

### 5.3 Conocimiento del comportamiento de los materiales metálicos.

Es necesario conocer el comportamiento de los mismos, independientemente de la escala o aleaciones con las que se use. Es necesario desarrollar modelos computacionales más avanzados, capaces de representar la realidad de la forma más acertada posible.

Para poder crear estos modelos computacionales es necesario el estudio experimental de las estructuras metálicas como proponen Lawrence E. Murr et al. [20], que analizan las diferentes microestructuras de diferentes metales sometidos a diferentes tecnologías como EBM o SLM. Estas microestructuras presentan direccionalidad, lo que hace que las características de la pieza final varíen según el ángulo en el que se miden. Esto ayuda a definir la estrategia óptima a la

hora de construir una pieza según las cualidades que se deseen.

### 5.4 Mejora del control de las tecnologías de fabricación

Para poder aplicar la mejor estrategia de construcción de una pieza, es importante realizar un seguimiento de la misma durante su fase de construcción. Es necesario controlar varios parámetros que afecten a su calidad, como puede ser su temperatura o forma, y para ello hay que diseñar e implantar sistemas de control.

### 5.5 Mejorar los modelos computacionales ya existentes.

La mejora de los modelos computacionales, permitirá analizar y minimizar los defectos en la construcción de piezas. Uno de estos defectos en la fabricación aditiva de metales en cama de polvo es la porosidad que presentan las piezas, la presencia de aire ocluido en la pieza reduce las propiedades físicas y mecánicas y es necesario un post tratamiento, como puede ocurrir con SLS. En tecnologías como WAAM y similares el reto es disminuir la distorsión provocada en las piezas debido a las tensiones internas de fabricación [21].

### 5.6 Facilitar el uso de las herramientas computacionales y el desarrollo de interfaces.

Las herramientas computacionales han evolucionado muy rápidamente, pero aún siguen siendo complicadas de manejar y se requiere un entrenamiento previo. Algunos autores proponen otras alternativas como el modelado de objetos mediante gestos mediante el empleo de cámaras. [22]

### 5.7 Análisis del impacto medioambiental.

A priori, la fabricación aditiva parece más benigna que la tradicional, ya que se reduce la contaminación por transporte y se optimizan los materiales. Pero es necesario estudiar el ciclo de vida de las piezas, ya que se desconocen los efectos del empleo de solventes químicos, la producción/manipulación del polvo metálico o los efectos de los gases liberados en los procesos. [20]

Adicionalmente otros factores son los problemas legales como la propiedad intelectual.

## 6 CONCLUSIONES

La fabricación aditiva con metales, ha evolucionado rápidamente en los últimos años, pese a ser una tecnología joven, tiene mucho potencial. Los metales son un tipo de material muy atractivo a nivel industrial debido a sus diversas propiedades mecánicas, eléctricas, químicas, etc. Y eso hace que sean el segundo grupo de materiales disponibles para fabricación aditiva más numeroso después de los polímeros.

Mediante fabricación aditiva se consiguen diseños y formas que con la fabricación tradicional serían impensables, como la construcción de implantes médicos réplica de las geometrías originales o los canales de refrigeración internos de los álabes de una turbina.

La fabricación aditiva encaja con las necesidades de un gran número de industrias como la aeroespacial, donde permite la reparación/construcción de piezas muy caras e inaccesibles, la joyería, en la que permite una gran personalización o la construcción, donde el ahorro de material es importante.

Existen varias tecnologías de fabricación aditiva que emplean metal como materia prima. La diferencia entre unas y otras está en el tamaño máximo y mínimo de piezas que puede construir, la velocidad de construcción, la precisión de la pieza o la calidad superficial, los tratamientos de post proceso o el coste.

A medida que avanzan los años siguen apareciendo nuevas tecnologías como NPJ, (2016) que permite la construcción de piezas muy pequeñas con una precisión de hasta una micra. O se mejoran otras ya existentes mediante el uso de sensores o de técnicas de construcción diferentes.

El futuro de la fabricación aditiva con metales pasa por entender las estructuras de los mismos y su evolución durante los procesos de fabricación. Ello permitirá crear modelos computacionales que ayuden a mejorar los procesos de fabricación y disminuyan los defectos, haciendo la tecnología aún más competitiva. Es importante también la concienciación social respecto a sus posibilidades y el análisis del impacto medioambiental de todos sus agentes.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

[1] N. de la Torre, MM. Espinosa "Producción de piezas de repuesto en lugares aislados" Directora: MM. Espinosa, UNED, 2016. Disponible en: <https://comunidades.cursosvirtuales.uned.es/dotlrn/clu>

[bs/etsiingenieradeldiseo/blocks-view](https://doi.org/10.21501/21454086.2365)

- [2] R. Domínguez, MM. Espinosa, L. Romero, M. Domínguez "Impresión 3D en ingeniería médica" VI Encuentro de investigación - IMIENS, 2016. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/311653415\\_impresion\\_3D\\_en\\_ingenieria\\_medica](https://www.researchgate.net/publication/311653415_impresion_3D_en_ingenieria_medica)
- [3] S. Williams, F. Martina, A. Addison, J. Ding, J. Pardal, P. Colegrove "Wire +Arc Additive Manufacturing", *Materials Science and Technology*, 2015. DOI: 10.1179/1743284715Y.0000000073
- [4] J. Beaman, C. Deckard, "Selective laser sintering with assisted powder handling" *US4938816 A*, Jul,3, 1990.
- [5] J. A. Manriquez-Frayre, D.L Bourell, "Selective Laser Sintering of Binary Metallic Powder" *Center for Materials Science and Engineering*, University of Texas, 1990. Disponible en: <https://sffsymposium.engr.utexas.edu/.../1990/1990-09-Frayre.pdf>
- [6] Wohlers Report, 2014. Disponible en: <https://www.wohlersassociates.com/2014report.htm>
- [7] Optomec, LENS process. [www.optomec.com](http://www.optomec.com), Feb 2017
- [8] D.White "Ultrasonic object consolidation" *US6519500 B1*,Feb,11,2003.
- [9] E. Herderick, "Additive Manufacturing of Metals: A Review" *Materials, Science and Technology*, Oct 2011. Disponible en: <http://www.asminternational.org/documents/10192/23826899/cp2011mstp1413.pdf/04f142d0-f1ca-44d4-8a10-891992e5529a>
- [10] V. W Kaufui, A. Hernandez "A Review of Additive Manufacturing" *ISRN Mechanical Engineering*, Article ID 208760, vol 2012, 2012. DOI: 10.5402/2012/208760
- [11] Company 3DHubs. [www.3DHubs.com](http://www.3DHubs.com), 2016
- [12] B. Schoinochoritis, D. Chantzis, K. Salonitis "Simulation of metallic powder bed additive manufacturing processes with the finite element method: A critical review" *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B Journal of Engineering Manufacture*, 2015. DOI: 10.1177/09544405414567522
- [13] Company XJet. [www.xjet3d.com](http://www.xjet3d.com), Nov 2016
- [14] L. Wang, J. Liu "Liquid Phase 3D printing for Quickly Manufacturing Metal objects with Low Melting Point Alloy Ink" *Science China Technological Sciences*, vol. 57, no 9, p. 1721-1728, 2014. Disponible en <https://arxiv.org/abs/1405.0199>
- [15] M. Feygin, A. Shkolnik, M. Diamond, E. Dvorskiy "Laminated object manufacturing system" *US5730817A*, Mar,24,1998.

- [16] I. A Domínguez, L. Romero, MM. Espinosa, M. Domínguez, "Impresión 3D de maquetas y prototipos en arquitectura y construcción" *Revista de la Construcción* vol 2, 2013. DOI: 10.4067/S0718-915X2013000200004
- [17] J. A Oriozabala, MM. Espinosa, "From rapid prototyping to Additive Manufacturing" *Proceedings of the XXV international conference on graphics engineering*, June 2015. Disponible en [https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiqgfnq4\\_nTAhUBOhoKHWNDahUQFggiMAA&url=http%3A%2F%2Fwww2.uned.es%2Fegi%2Fpublicaciones%2Fcongresos%2Ffrom\\_rapid\\_prototyping\\_to\\_additive\\_fabrication.pdf&usg=AFQjCNFEcE66c19adq1ilUoOJCiF01VBRA&cad=rja](https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiqgfnq4_nTAhUBOhoKHWNDahUQFggiMAA&url=http%3A%2F%2Fwww2.uned.es%2Fegi%2Fpublicaciones%2Fcongresos%2Ffrom_rapid_prototyping_to_additive_fabrication.pdf&usg=AFQjCNFEcE66c19adq1ilUoOJCiF01VBRA&cad=rja)
- [18] L. Loeber, S. Biamino, U. Ackelid, S. Sabbadini, P. Epicoco, P. Fino, J. Eckert "Comparison on selective laser and electron beam melted titanium aluminides", *Proceedings of the Solid Freeform Fabrication Symposium*, Austin, pp. 8-10, 2011. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/280573199>
- [19] Metal Additive Manufacturing Magazine. [www.metal-am.com](http://www.metal-am.com)
- [20] L.E. Murr, E. Martinez "Fabrication of Metal and Alloy Components by Additive Manufacturing: Examples of 3D Materials Science" *jmr&t*, vol 1, pp 42-54, April-June 2012. DOI: 10.1016/S2238-7854(12)70009-1
- [21] W. J Sames, F. A. List, S. Pannala, R. R. Dehoff & S. S. Babu, "The metallurgy and processing science of metal additive manufacturing" *International Materials Reviews*, 2016. DOI: 10.1080/09506608.2015.1116649
- [22] W. Gao, Y. Zhang, D. Ramanujan, K. Ramani, Y. Chen, C. Williams, C. Wang, Y. Shin, S. Zhang, P. Zavattieri, "The status, challenges, and future of additive manufacturing" *Engineering, Computer-Aided Design*, vol 69, pp 65-89, December 2015. DOI: 10.1016/j.cad.2015.04.001



# Creatividad e innovación: Motores de desarrollo empresarial

## *Creativity and innovation: As engines of business development*

**Eulices Córdoba Zuñiga**  
Universidad de la Amazonía  
[eucorzucho@gmail.com](mailto:eucorzucho@gmail.com)

**Jency Lorena Castillo Toro**  
Universidad de la Amazonía  
[Lorenacastillo.admon@gmail.com](mailto:Lorenacastillo.admon@gmail.com)

**Noé Castillo Quesada**  
Universidad de la Amazonía  
[ncastillo1712@hotmail.com](mailto:ncastillo1712@hotmail.com)

(Recibido el 14-07-2017, Aprobado el 21-09-2017, Publicado el 16-01-2018)

**Estilo de Citación de Artículo:**

E. Córdoba, J. Castillo, N. Castillo, "Creatividad e innovación: Motores de desarrollo empresarial", Lámpsakos, no. 19, pp 55-65, 2018  
DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2363>

**Resumen:** Este artículo analiza la creatividad e innovación como elementos claves del desarrollo empresarial. En este sentido, se ofrecen nuevas interpretaciones desde una extensa revisión bibliográfica que identifica, analiza y discute las razones por las cuales, la creatividad e innovación permiten mayores posibilidades de alcanzar en éxito en las empresas. Para recolección de la información, se empleó una metodología documental de corte analítico-descriptivo, que recuperó, examinó y discutió los aportes teóricos de cincuenta autores nacionales e internacionales. Los resultados sugieren que, la creatividad e innovación facilita la generación de nuevas ideas y propuestas de mercadeo que lleva a las empresas a ser más productivas y competitivas en mercados mediados por las crisis económicas, la exacerbada competencia comercial y los constantes cambios financieros del presente. Finalmente, se observa que la inclusión dichos elementos favorece el crecimiento comercial, económico y social de las empresas.

**Palabras clave:** creatividad, innovación, competitividad, empresa y desarrollo empresarial.

**Abstract:** This article analyzes creativity and innovation as key elements of business development. In this sense, new interpretations are offered from an extensive literature review that identifies, analyzes and discusses the reasons why creativity and innovation allow greater possibilities of achieving success in companies. In order to collect the information, a documentary methodology of an analytical-descriptive nature was used, which retrieved, examined and discussed the theoretical contributions of fifty national and international authors. The results suggest that creativity and innovation facilitates the generation of new ideas and marketing proposals that lead companies to be more productive and competitive in markets mediated by economic crises, exacerbated commercial competition and the constant financial changes of the present. Finally, it is observed that the inclusion of these elements favors the commercial-economic-social growth of the enterprises.

**Keywords:** creativity, innovation, competitiveness, companies and business development.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la creatividad e innovación no se pueden dejar al margen en las empresas, pues dichos elementos contribuyen al fortalecimiento comercial, el crecimiento económico, el empoderamiento de las marcas, los productos, los bienes y servicios de las compañías y la incursión en nuevos mercados. Al referirse a ello, Aguilera y Becerra [1]; Corbalán [2]; Correa, Delgado y Conde [3] coinciden en que la creatividad e innovación potencian el éxito empresarial, llevándolas a reducir costos, mantener un nivel de satisfacción alto entre sus clientes y les ayudan a conquistar nuevos clientes y superar la competencia.

En ese orden de ideas, la presente investigación documental de corte analítica-descriptiva busca determinar el impacto de la creatividad e innovación como motores de desarrollo empresarial. De tal manera que, las sociedades comerciales, las industrias y los administradores, que no han incluidos estos dos componentes en sus planes de gestión, encuentren evidencias teórico-prácticas que les ayude a incorporarlas.

Bajo esta perspectiva, el presente artículo pretende dar cuenta de los avances en creatividad e innovación y sus aportes para el desarrollo empresarial en una línea de tiempo diversa. Para ello, se recopilaron, sintetizaron los avances,

retrocesos, aproximaciones, tendencias y posiciones relacionadas con la creatividad e innovación en función de la evolución de las instituciones financieras. La información fue recolectada desde diferentes posiciones y autores sobre este eje particular, lo que conlleva a realizar diferentes planteamientos, los cuales sugieren que, acerca dichos componentes son esenciales para el progreso empresarial en mercados económicos mediados por la globalización, la competencia comercial y los constantes cambios de los mercados financieros.

Al respecto, Villegas, Romero y Guevara [4], Silva-Guerra [5]; González y Rodríguez [6]; y Serna [7] consideran que la creatividad e innovación fortalecen el progreso de las empresas, toda vez que son estrategias que aumentan tanto la productividad como la competitividad desde la búsqueda de soluciones novedosas a las dificultades productivas, logísticas, económicas y competitivas que experimentan. Igualmente, las apuestas de autores como: Becker, Bergener, Schwehm y Voigt [8]; Eppler, Hoffmann y Bresciani [9]; Hammel y Mosely [10]; y Rusu y Avasilcai [11] al abordar el tema de la creatividad e innovación sugieren que tanto la creatividad como la innovación deben hacer parte del ADN de todas las empresas, sin importar los bienes, servicios y productos que ofrezca. Estos mecanismos permiten ajustarse a los desafíos, competencias, crisis y cambios que deben afrontar las empresas desde su constitución, progreso y posicionamiento en el mercado. Es decir que, con la inclusión de la creatividad e innovación se materializa la generación de nuevas políticas de producción, mercadeo y marketing, lo cual, favorece el desarrollo empresarial.

En aras de constatar dichas posiciones, se pretende responder el siguiente interrogante ¿Por qué la Creatividad e innovación son de desarrollo empresarial?, para comprobar las razones motores que llevan a pensar que la creatividad e innovación tienen incidencia en la evolución empresarial, se llevó a cabo un análisis de 50 trabajos académico-científicos que será expuesta a continuación.

## 2. MARCO TEÓRICO

Existen diferentes proyectos, libros, tratados y material empresarial y académico dedicado al estudio de la creatividad e innovación en diferentes campos: tecnología, psicología, ingenierías, pedagogías, contaduría y por supuesto administración pública, entre muchos otros. Entonces, ¿qué ofrece una nueva investigación en dicha área?, la respuesta es precisar la incidencia de estos dos componentes como motores reales de

evolución comercial, desarrollo de bienes, productos y servicios, creación de nuevas políticas empresariales y aunque suena un poco raro, promover la inclusión de la creatividad e innovación en las empresas grandes o pequeñas, que aún no incorporan a sus planes de desarrollo dichos componentes.

### 2.1. Creatividad e Innovación empresarial

La creatividad e innovación deben coexistir una de la mano de la otra, pues aunque, son dos elementos diferentes, cobran mayor eficacia siempre y cuando sean potenciadas de manera colectiva. Desde esta visión, la creatividad es una habilidad con la que cuentan los seres humanos para la generación de ideas, soluciones de problemas u ofrecer diferentes interpretaciones o salidas a realidades socio-económicas, sociales y contextuales diversas.

De acuerdo con los planteamientos de Villegas y Varela [12] “la creatividad e Innovación Empresarial constituye un valioso aporte para la generación de prácticas novedosas y una gran diversidad de proyectos empresariales y para la inventiva personal” (p. 367). Al respecto, De Escalona [13] manifiesta que “la creatividad e innovación son competencias que se traduce en el mejoramiento del funcionamiento, mayor eficiencia y/o eficacia de las empresas” (p.19). De la misma forma, García, Ochoa, Procrea, y COLCIENCIAS [14] sugieren que la creatividad e innovación empresarial son necesarias que generan nuevas oportunidades para la gestión, innovación, mejoramiento y crecimiento empresarial.

Además, Gaviria, Zuluaga, Ramírez y López [15] la creatividad y la innovación conducen al aprovechamiento del potencial humano que desemboca en el crecimiento competitivo, económico y operativo que abre mayores oportunidades a las empresas. Esta visión es compartida por Schnarch [16]; Giménez, Macrini y Miyaji [17]; Hernández [18] y Herrera [19] quienes manifiestan que ante la avalancha de diferentes posibilidades económicas, diversas propuestas comerciales y eficiencia en las empresas, la creatividad e innovación, se ofrecen como alternativas reales de avance y desarrollo económico.

Desde la visión de Anlló y Ramos [20] la creatividad e innovación como un motor que lleva a las compañías a garantizar su supervivencia, progreso económico y sostenimiento en el mercado desde el ofrecimiento de productos originales que captan el interés del mercado. Referente a ello, Gisbert [21] manifiesta que estas estrategias permiten mayor

evolución en cada uno de los campos donde intervienen las industrias. Aguilera y Becerra [1] explican que “la creatividad e innovación constituyen la búsqueda de nuevas alternativas que permitan contrarrestar los efectos de la competencia y los drásticos cambios comerciales a nivel mundial” (p.1). En ese orden de ideas, Vizcaino [22]; Álvarez [23]; Arraut, Sánchez y Novoa [24]; Oropeza [25] y Castillo [26] coinciden en que dichos componentes permiten a las empresas mayores posibilidades para renovarse constantemente frente a los desafíos que se presentan en los mercados empresariales.

Al referirse a ello, Giménez, Macrini y Miyaji [17] y Kantis [27] explican que “los grandes desafíos y retos que origina una economía mundial globalizada, cambiante y convulsionada, hace que las empresas y organizaciones deban propiciar escenarios creativos e innovadores con el fin de proveer estrategias únicas y diferentes que les asegurara su supervivencia en el tiempo” (p.1).

Refiriéndose a ello, Mathison, Gándara, Primera y García enfatizan en que la creatividad e innovación llevan a las empresas a tener mayores logros en materia competitiva, se crean nuevos productos, estrategias de mercado innovador y se da mayor visibilidad regional, nacional e internacional a las campañas. [28]

**Tabla 1.** Aportes significativos de la Creatividad e innovación empresarial

<b>Autores</b>	<b>Aporte</b>
Villegas, Romero y Guevara (2011), Silva-Guerra (2017), González, y Rodríguez (2008), y Serna (2010)	Progreso productivo y competitivo Buscar soluciones novedosas a las dificultades
Schwehm y Voigt (2011); Eppler, Hoffmann y Bresciani (2011); Hammel y Mosely (2017); y Rusu y Avasilcai (2013)	Hacerle frente a las necesidades, desafíos, cambios y crisis
Villegas y Varela (2001)	Generación de prácticas y novedosas
De Escalona (2007); Castells (2008); Da Silva, Vieira, Vieira y de Santiago (2016)	Eficiencia y eficacia empresarial
García, Ochoa, Procrea, y COLCIENCIAS (2004)	Generar mayores oportunidades de gestión
Gaviria, Zuluaga, Ramírez y López (2013)	Aprovechamiento del talento humano

**Fuente:** Construcción propia.

Con respecto a lo anterior, Castells [29]; Da Silva, Vieira, Vieira y de Santiago [30] creen que estas herramientas ofrecen posibilidades de cambio, desarrollo tanto horizontal como vertical y aumentan

los ingresos de las empresas desde la creación de productos que cumplan con las expectativas de los clientes. Villaverde [31] expresa que estos dos elementos eleven las riquezas de las empresas porque se crean productos a bajos costos, se reduce mano de obra y se interviene en mercados diferentes. Alburquerque [32] coincide en que estas estrategias permiten una mayor organización de los recursos financieros de las empresas, con lo cual, su potencial económico tiende a aumentar (Ver tabla 1: Aportes significativos de la Creatividad e innovación empresarial).

Como se advierte en los planteamientos anteriores, existe una tendencia que sugiere que la creatividad e innovación a nivel empresarial, un binomio apoya el crecimiento de las empresas, llevándola a mejorar la producción, los bienes y los servicios que estas ofrecen. Esta visión, es compartida por los autores del artículo, para quienes la creatividad e innovación debe potenciarse como dos mecanismos entrelazados que encumbran la comercialización, la gestión, la eficiencia y la eficacia de las compañías y elevan las posibilidades de éxito empresarial. Estos dos elementos generan mayor crecimiento económico, potencian la adaptación de las empresas a los cambios vertiginosos característicos de la globalización y materializa las ideas que se generan, de tal modo que permiten mayores posibilidades para progresar y crear productos, planes de negocios y mercados capaces de ir un paso adelante frente de la competencia.

Otra tendencia sugiere que creatividad e innovación son partes fundamentales para la generación de soluciones, ideas de negocios, políticas originales de marketing, nuevas soluciones a las dificultades por las que en ocasiones atraviesan las empresas. Estos componentes potencian la materialización la consecución de ideas auténticas. El nivel competitivo, cambios constantes, niveles de fluctuación alta y crisis económicas regionales, nacionales y globales, la creatividad e innovación aparecen como principios fundamentales que hacen las organizaciones empresariales diferenciarse de sus competidores llevando a posicionar sus marcas, productos y servicios a diferentes mercados.

La creatividad a nivel empresarial crean alternativas novedosas que favorecen la mejora continua de las empresas a partir de inferir los cambios a realizar. Desde esta perspectiva, se podría inferir que, la creatividad a nivel empresarial, es la impronta o el sello particular con la que cada corporación o empresa se hace visible en los mercados nacionales o internacionales. Es decir la creatividad, es como una idealización de como se piensa en mantener la empresa a niveles competitivos altos, mientras que

la innovación, es fundamental porque cristaliza esas ideas originales o auténticas, en productos, bienes, servicios o políticas tangibles. De allí que, tanto la creatividad, como la innovación elevan el crecimiento-consolidación económica, la apertura de mejores servicios-productos, soluciones óptimas ante riesgos que se presentan en un mercado cambiante y altamente competitivo.

## 2.1 Creatividad e innovación como motores de desarrollo empresarial.

La creatividad e innovación son motores indispensables que conducen a diferentes objetivos en el desarrollo empresarial y tiene una marcada incidencia en las agremiaciones económicas. A partir de diferentes investigaciones, se califica como aspectos de marcada relevancia en lo comercial, organizacional, competitivo y productivo, debido a que su implementación ayuda a la cristalización de iniciativas direccionadas a gestionar innovaciones, progreso empresarial y aprovechamiento eficiente de los recursos de las empresas. En ese orden de ideas, Rojas de Escalona [33]; Colmenares [34]; Vesga [35]; Scarone [36]; Morales, Ortíz y Arias [37] coinciden en definir a la creatividad e innovación como una de las más grandes potencialidades con la que deben contar las empresas para garantizar un desarrollo pleno y duradero.

Estos fundamentos teóricos, suponen que estos dos elementos posicionan a las empresas en el tiempo, espacio y contextos donde intervienen. En otras palabras, las compañías se cualifican de una mejor forma para responder a las dinámicas de la sociedad. De igual forma prestan mejores servicios, se adaptan con mayor flexibilidad a los posibles baches económicos que se viven en el mundo empresarial hoy en día. Esta perspectiva es compartida por Murcia, quien manifiesta que “la creatividad e innovación son componentes centrales para el fortalecimiento, mejoramiento, desarrollo y proyección de las empresas en diferentes sectores económicos” (p.2). En pocas palabras, cuanto más creativa e innovadora sea la empresa, tendrá un grado mayor de posicionamiento en el mercado, al punto que puede convertirse en referente [38].

Por otro lado, Otero, Atia y Miranda [39] y Torrejano y Rodríguez [40] destacan que las nuevas tendencias sociales, económicas y políticas mundiales hacen que las empresas quieran posicionarse cada vez más como las pioneras en cada uno de los campos económicos que incursionan. A la par, Romero [41] insiste en que, la creatividad e innovación ayudan a las empresas a tener objetivos más claros, conocer sus limitaciones, hacer uso correcto de sus recursos tanto financieros

como su talento humano. Acerca de ello, Prada [42]; Blanco [43]; y Gómez y Lozano [44] creen que estos dos componentes se encargan de direccionar a las empresas en lo referido a la manera que producen sus bienes y servicios, los mecanismos a tener presente sobre como venderán dichos productos y a la forma como se debe trabajar para incrementar sus ganancias.

Al respecto, Marina y Marina [45]; Godoy [46]; Gómez y Lozano [44] puntualizan que, la creatividad e innovación son factores indispensables que permiten vislumbrar las necesidades del mercado, detectar la creación de nuevos productos, procesos y servicios que generen nuevos usos a los clientes a menor precio. La creatividad e innovación empresarial deben analizarse, asumirse y verse como estrategias que hacen posible la materialización de los planes de progreso y desarrollo de las empresas.

Sobre este eje, Jaime [47] cree que la creatividad e innovación son aliados para mejorar la competitividad, al llevarlas a producir productos, crear servicios únicos que buscan estar a la vanguardia de las necesidades de los clientes. Para Isaza [48], Gómez [49], Gómez [50] y Tanoira [51] estos elementos crean nuevas formas de organización, administración y estrategias de proceso productivo que llevan a las empresas a reducir sus costos y generar mejor rentabilidad. Si bien Gómez de la O [52] considera necesario dichos componentes por la gran mayoría de elementos explicados anteriormente, piensa que “la creatividad y la innovación como unas competencias de estrategia de negocios le está faltando a las organizaciones, ya que no la consideran como vital para la vida de las empresas y menos para su desarrollo competitivo en los mercados globales” (p.1).

Algo que pone en riesgo la supervivencia comercial de las organizaciones, bajo las condiciones de competencia exacerbada, tendrán altas posibilidades de garantizar su supervivencia en el mercado, aquellas que implementen estrategias creativas e innovadoras, Tabla 2.

Por último, Moreno y Múnera [53], Petit [54], Tena [55] y Peñaloza [56] afirman que tanto la creatividad como la innovación ayudan a potenciar el empoderamiento de las organizaciones con la inserción de dichos elementos, se generan diferentes métodos de comercialización de productos, tratos con los clientes y diversificación de las marcas a diferentes espacios sociodemográficos.

**Tabla 2.** Creatividad e innovación como motores de desarrollo empresarial

<b>Autores</b>	<b>Aporte</b>
Villegas y Varela (2001); Camarasa (2008); De Escalona (2007); García, Ochoa, Procrea, y COLCIENCIAS (2004)	Componentes integrales al desarrollo empresarial
Rojas (2007); Colmenares (2009); Vesga (2008); Scarone (2005); Morales, Ortíz y Arias (2012)	Permite garantizar un desarrollo pleno y duradero
Murcia (2011); Otero, Atia y Miranda (2017) y Torrejano y Rodríguez (2015)	Mayor posicionamiento
Prada (2002); Blanco (2016); y Gómez y Lozano (2017)	Posibilidades de incrementar el valor agregado
Jaime (2012); Isaza (2014); Gómez (2011); Gómez (2008); Tanoira (2012); y Gómez de la O (2013)	Generar mejor rentabilidad

**Fuente:** Construcción propia.

Estos planteamientos, evidencian que estos métodos generan oportunidades para que las empresas se posesionen en diferentes mercados, de modo que, se genere una mejor rentabilidad, a partir de reducir de gastos y riesgos de inversión, dicho de otro modo, el progreso económico de las organizaciones comerciales depende de que tan ingeniosos y novedosos son sus dueños, administradores o gerentes.

### 3. METODOLOGÍA

El trabajo se realizó bajo la metodología de investigación documental de tipo cualitativa, analítica y descriptiva, cuyo proceso de recolección, localización, pesquisa, análisis y discusión de los documentos bibliográficos seleccionados, incluyó cuatro fases: focalización de información, en diferentes fuentes: revistas, artículos, libros, tesis de grado y fuentes académicas, selección de dichas fuentes, análisis de los trabajos académicos, y por último, se interpretó la información contenida en ellos. Al respecto, Arias [57] y García [58] consideran que esta metodología de la Investigación facilita el análisis, registro, recuperación y selección de conocimientos, puntos de vista y visiones expuestas por otros autores. Diferentes fuentes académicas en Internet como Scielo, Google Académico, Dialnet, Academica.edu, Eric y otras revistas de circulación académico-científicas nacionales e internacionales. Para no sesgar el análisis y darle mayor rigor, se realizó una la búsqueda en Scopus y Web of Science.

La búsqueda de la información, se usaron dos descriptores: creatividad e innovación empresarial y

Creatividad e innovación: Como motores de desarrollo empresarial. Luego, se realizó un análisis de contenido a los trabajos encontrados, si bien se tiene presente que, a nivel internacional, existe literatura al respecto, fueron seleccionados los que más se relacionaban con los objetivos de la presente revisión, los materiales fueron recolectados a criterio de los autores. Para sistematizar, resumir, recuperar y describir cada uno de los trabajos analizados en la recopilación, se utilizaron varias fichas, lectura minuciosa, redacciones preliminares y elaboración de fichas de contenidos.

En la última fase, se sintetizó, dedujo y recupero lo aportes más importantes de los autores para finalmente discutir sus posiciones, llegar a los resultados y conclusiones. Los pasos seguidos en la elaboración del artículo fueron: (a) definición del tema en el grupo de trabajo (b); discusión de la viabilidad del mismo y la sistematización de los objetivos, preguntas (c) inicio de la búsqueda de los materiales teóricos a analizar, evaluación de los mismos a partir de lecturas previas, (d) diseño de fichas de resúmenes y análisis de lecturas, (e) organización de la información, análisis, evaluación y discusión de la misma, (f) se inició el proceso de construcción del artículo. En todo el proceso, se contó con el apoyo de Internet, Office 2010 y fichas de recolección y análisis de información.

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La revisión bibliográfica que buscaba abordar los avances en creatividad e innovación como motores de desarrollo empresarial deja al descubierto la existencia de varias tendencias que sobre estos dos ejes se han abordado desde la literatura consultada. Primero, la creatividad e innovación son mecanismos que deben estar no solo siempre presente en las empresas, sino que además, deban trabajarse de manera integral. A lo que, los artículos se adhieren por varias razones, entre ellas las siguientes: 1) no hay innovación sin creatividad y no se hace visible la creatividad sin innovaciones y 2) la creatividad e innovación se encargan de potenciar la vida y subsistencia de las empresas al ofrecer eficacia y eficiencia. La creatividad provee la virtud de ir más allá, de encontrar distintas soluciones a los problemas, desencuentros y dilemas que las empresas viven. Se coinciden estos planteamiento con los de Villegas y Varela [12]; Camarasa [59]; De Escalona [13]; García, Ochoa, Procrea, y COLCIENCIAS [14]. Por su parte, la innovación permite concretar los planes, ideas y posibilidades de crecimientos en hechos reales. Es decir que, este componente materializa las ideas en productos, planes, acciones tangibles.

Asimismo, los planteamientos realizados en la revisión teórica permiten indicar que, la creatividad e innovación son pilares fundamentales del desarrollo económico, productivo y competitivo a nivel empresarial en la modernidad. Estos elementos ofrecen un conjunto de mecanismos y posibilidades para que las empresas lleven a cabo innovaciones que les ayuda a afrontar los cambios financieros y competitivos con las que tienen que lidiar para mantenerse en el mercado. Al respecto, se coincide en que la creatividad e innovación potencia el desarrollo comercial y económico local, nacional e internacional, pues se crean planes estratégicos, comerciales y productivos capaces de captar la atención de los clientes, con lo cual, sin lugar a duda, permite no solo el fortalecimiento productivo, competitivo, sino comercial, económico y la supervivencia de las organizaciones en el mercado.

Estos elementos, ayudan a crear productos de bajo costo, de calidad, novedosos, asequibles en diferentes contextos y que capten el interés de los clientes. En síntesis, la creatividad e innovación permiten la creación de productos auténticos, innovadores y significativos a los ojos de los clientes, con lo cual, garantizan su permanencia en el mercado. Desde esta mirada y teniendo presente el análisis de la información, se advierte que la creatividad e innovación son componentes que deben estar integrados a las empresas en todo momento y en cualquier área o departamento sin excepción alguna.

Dichas herramientas, facilitan el desarrollo de ventajas competitivas, productivas y comerciales que potencian las organizaciones internas y externas de las empresas, ya que, buscan nuevas posibilidades de invertir sus recursos, mantenerse a la vanguardia de las innovaciones que se desarrollen en los mercados y llevan a enfrentar los retos comerciales. Igualmente, generan prácticas innovadoras que se materializan en conductas organizativas dinámicas, propositivas y cambiantes. Un ejemplo de ello, son las constantes actualizaciones de las empresas de tecnologías, las industrias de producción de televisores y de redes sociales que siempre buscan estar en sincronía con las necesidades o deseos de sus clientes y las nuevas tendencias sociales (Ver tabla 3: Elementos relevantes en los autores sobre creatividad e innovación empresarial y Creatividad e innovación: Como motores de desarrollo empresarial).

La creatividad e innovación sirven como motores para facilitar, incrementar y desarrollar el empoderamiento de las empresas desde el aprovechamiento de oportunidades de

comercialización y posicionamiento, a través de la instauración de estrategias empresariales innovadores que llevan a las compañías a progresar constantemente. En palabras de Blanco, la creatividad e innovación le dan posibilidades las empresas de anticiparse, prevenir, construir y mantener propuestas o planes que potencian su presencia en el mercado. En ese sentido, dichos elementos enaltecen el valor agrado de las compañías brindando la capacidad de aumentar su desempeño en la creación de bienes y servicios innovadores capaces de competir de manera eficaz con otras empresas y suplir las exigencias de los consumidores [43].

**Tabla 3.** Elementos relevantes en los autores sobre creatividad e innovación empresarial y Creatividad e innovación: Como motores de desarrollo empresarial

<b>Autores</b>	<b>Aporte</b>
Villegas, Romero y Guevara (2011), Silva-Guerra (2017), González, y Rodríguez (2008), y Serna (2010)	Progreso productivo y competitivo
Schwehm y Voigt (2011); Eppler, Hoffmann y Bresciani (2011); Hammel y Mosely (2017); y Rusu y Avasilcai (2013)	Apertura al cambios
Villegas y Varela (2001)	Novedad
De Escalona (2007); Castells (2008); Da Silva, Vieira, Vieira y de Santiago (2016)	Eficiencia y eficacia
García, Ochoa, Procrea, y COLCIENCIAS (2004)	Oportunidades de gestión
Gaviria, Zuluaga, Ramírez y López (2013)	Aprovechamiento del talento humano
Villegas y Varela (2001); Camarasa (2008); De Escalona (2007); García, Ochoa, Procrea, y COLCIENCIAS (2004)	Componentes integrales al desarrollo empresarial
Rojas (2007); Colmenares (2009); Vesga (2008); Scarone (2005); Morales, Ortiz y Arias (2012)	Desarrollo pleno y duradero
Murcia (2011); Otero, Atia y Miranda (2017) y Torrejano y Rodríguez (2015)	Mayor posicionamiento
Prada (2002); Blanco (2016); y Gómez y Lozano (2017)	Posibilidades de incrementar el valor agregado
Jaime (2012); Isaza (2014); Gómez (2011); Gómez (2008); Tanoira (2012); y Gómez de la O (2013)	Generar mejor rentabilidad

**Fuente:** Construcción propia.

La creatividad e innovación potencian procesos cambios constantes que llevan a las corporaciones a renovarse constantemente, de modo que, faciliten la identificación de dinámicas de funcionamiento capaz

de detectar las necesidades comerciales vigentes y futuras, evaluar gustos y preferencias que son y serán tendencia en los diferentes contextos, donde las empresas intervienen.

Además, la creatividad e innovación empresarial tal como lo expresa Isaza [48]; Kirberg [60]; y Gómez [49] son elementos imprescindibles para el progreso productivo, competitivo y económico de cualquier empresa. Así entonces, se puede decir que estos dos elementos ayudan a diseñar y mejorar el portafolio de productos-servicios generando altas posibilidades para que las empresas que incorporan estas estrategias crean bienes y servicios significativos, e innovadores que les dé la posibilidad de competir eficazmente con otras empresas que ofrezcan los mismos productos y servicios. Hay que mencionar, además que, si las empresas se vuelven más productivas y competitivas, esto las lleva a cualificar sus productos, reducir sus costos, abrir nuevos mercados y aumentar sus ventas, con lo que, mejoran su rentabilidad, lo cual la lleva a un fuerte incremento económico.

El análisis anterior llevan a deducir que, la creatividad e innovación deben ser tenidas en cuenta por los dueños o gerentes de las empresas porque constituyen dos factores que, aunque no sean tangibles, concretan el éxito de las empresas, a partir de la mejora de los procesos, el diseño, adaptación, modificación o rediseño de estrategias y productos que suplen necesidades del orden social. Otros beneficios evidentes son: 1) más posibilidades de reducir el fracaso comercial a partir del reingenio y la dinamización constante, 2) progreso en la gestión empresarial de las organizaciones desde la flexibilización y fluidez para crear nuevas ideas de negocio, 3) reinventar o encontrar nuevos usos a los productos, bienes o servicios que las organizaciones ofrecen, 4) construcción de nuevas políticas dirigidas a la resolución a las dificultades o crisis por la que puedan llegar a padecer; por último, se impulsa la eficiencia y eficacia de las empresas.

Finalmente, la empresa moderna, no es solo la que domina el mercado por un ciclo determinado tiempo, sino aquella que, potencia la creatividad e innovación constante, pues con ello garantiza su evolución, progreso y subsistencia en un mercado mediado por cambios, crisis financiera y exacerbada competencia. De allí, que una organización comercial debe tener una visión clara sobre la importancia de la creatividad e innovación, pero no solo eso, debe incorporarla a sus planes operativos, organizacionales, logísticos, comerciales y competitivos.

En otras palabras, no puede existir empresa, área o departamento de las empresas que excluya la creatividad e innovación, puesto esto garantiza la consecución del éxito empresarial. Lamentablemente, el carácter defensivo de algunos propietarios o gerentes de empresas hace que, en pleno 2018 aún existe apatía hacia la creatividad. Esto de seguro llevará a la quiebra o desaparición de muchas de las empresas cuyos propietarios o administradores, no impulsen la creatividad y la innovación en sus entidades, sencillamente porque sin estos componentes, se reducen las posibilidades para asumir los cambios de forma efectiva.

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados de la revisión bibliográfica permiten afirmar que, debido a los múltiples aportes positivos, la creatividad e innovación se convierten en dos elementos claves del desarrollo empresarial a nivel productivo y competitivo que inciden positivamente en el empoderamiento económico, comercial y estratégico de la empresa. Lo cual lleva a pensar que, es indispensable que todas las empresas, sin importar los bienes y servicios que ofrezcan deben potenciar en sus planes organizacionales, administrativos y económicos estos dos elementos, puesto que, conducen a potenciar el valor agregado de las organizaciones en materia logística, estratégica, comercial y financiera, generando mayores oportunidades para incrementar las riquezas de las empresas, a través de lanzamiento de productos de calidad, a bajo costos y captan el interés de los consumidores.

De allí que, en aras de una mejor dinámica empresarial, se exhorta a todas las medianas y grandes empresas regionales, nacionales e internacionales a potenciar la creatividad e innovación empresarial, como una herramienta indispensable que permite a las empresas enfrentar los cambios, crisis y la extrema competencia del mercado comercial de una manera eficaz.

De igual forma, la creatividad e innovación son elementos de vital importancia para que las empresas se transformen y generen mayores posibilidades de mejorar sus desempeños y ajustarse a los requerimientos y demandas de la sociedad de consumo, en la cual, se requieren productos innovadores, de calidad y que suplan en un alto porcentaje los requerimientos y exigencia de los clientes. Sobre las bases de las ideas expuestas, es pertinente es necesario un cambio paradigmático desde los gerentes de las empresas, de modo que, las empresas puedan desarrollar estrategias desde redes, agremiaciones o grupos de trabajo cooperativo, en función de potenciar estas

habilidades entre sus empleados de manera práctica. Al respecto, tanto los gerentes, administradores o propietarios de las empresas, consideran a la creatividad e innovación como ejes de progreso, innovación y éxito empresarial porque se generan rentabilidad, creación de nuevas posibilidades y supervivencia de las empresas.

En ese orden de ideas, la creatividad e innovación, no solo son alternativas reales para aumentar las posibilidades de desarrollo empresarial, sino que, constituyen dos estrategias fundamentales para que se diseñen políticas, planes y estrategias que llevan a la empresa a ser más eficaz, eficiente y estratégica. Su inclusión en la vida operativa de las industrias las lleva a ampliar las oportunidades de extender su portafolio de servicios-productos, se afrontan de una forma dinámica los cambios vertiginosos que se presentan en el mundo empresarial globalizado, cambiante y en algunos momentos en crisis. Adicionalmente, se posicionan las marcas de las organizaciones comerciales en diferentes contextos y mercados, con lo cual, se potencia el valor comercial concreto y garantiza la sostenibilidad de las organizaciones.

Por todo lo anterior, se concluye que, la creatividad e innovación deben hacer parte integral de las empresas, debido a que, determinan evolución competitiva, productiva desde la búsqueda de nuevas estrategias comerciales, planes de gestión, mayor aprovechamiento de los recursos, generación de dinámicas comerciales acorde con las necesidades y expectativa de los clientes.

## 6. REFERENCIAS

- [1] Aguilera, C. A., Becerra, P., & Patricia, D. (2012). "Crecimiento empresarial basado en la Responsabilidad Social". [Online] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64623932002>.
- [2] Corbalán, B. J. (2008). ¿De qué se habla cuando hablamos de creatividad? *Cuadernos de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Jujuy*, Vol. 35, No.2, pp.11-21. [Online] Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/185/18512511002.pdf>
- [3] Correa, C. Z., Delgado, C., & Conde, C. Y. A. (2011). Formación en emprendimiento en estudiantes de la carrera de Administración de Empresas en la Universidad Pública de Popayán. *Revista EAN*, Vol. 71, No. 1, pp.40-51. [Online] Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/206/20623157004.pdf>
- [4] Villegas, R. V., Romero, A. C. M., & Guevara, A. T. P. (2011). "Intención de los Estudiantes de la Universidad ICESI Hacia la Creación de Empresa". *Estudios gerenciales*, Vol. 27, No.1, pp.169-186. [Online] Disponible en: [https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios\\_gerenciales/article/viewFile/1800/2320](https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios_gerenciales/article/viewFile/1800/2320)
- [5] Silva-Guerra, H. (2017). La innovación y educación: variables claves para la competitividad de las empresas. *Clio América*, Vol. 21, No.1, pp.1-18. [Online] Disponible en: <http://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/clioamerica/article/view/2079>
- [6] González, J. J., & Rodríguez, D. M. T. (2008). Diagnóstico y valoración del nivel de desarrollo del espíritu empresarial (Entrepreneurship) de los estudiantes de la Facultad seccional Sogamoso de la UPTC. *Pensamiento & Gestión*, Vol. 24, No.2, pp. 225-255. [Online] Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/pege/n24/n24a09.pdf>
- [7] Serna, L. P. (2010). Alineamiento entre la estrategia corporativa y la estrategia tecnológica y de innovación en una muestra empresarial de diferentes regiones de Colombia. *Revista de Investigación & Desarrollo*, Vol. 18, No.1, pp. 1-23. [Online] Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/268/26815364001/>
- [8] Becker, J., Bergener, K., Schwehm, M. O., & Voigt, M. (2011, October). Confirming bpm theory in creative industry context-a case study in the German tv industry. In *ECIS* (p. 35). Disponible en: <http://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1034&context=ecis2011>
- [9] Eppler, J., Hoffmann, F., & Bresciani, S. (2011). New business models through collaborative idea generation. *International Journal of Innovation Management*, 15(06), 1323-1341. Tomado de: <https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S1363919611003751>.
- [10] Hammel, R., & Mosely, G. (2017, June). Educating Design Innovation Catalysts Through Design Interventions. In Conference proceedings of the Design Management Academy. Hong Kong. Tomado de: [https://www.researchgate.net/profile/Raphael\\_Hammel/publication/318256842\\_Educating\\_Design\\_Innovation\\_Catalysts\\_Through\\_Design\\_Interventions/links/595f0a18aca2728c11469d67/Educating-Design-Innovation-Catalysts-Through-Design-Interventions.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Raphael_Hammel/publication/318256842_Educating_Design_Innovation_Catalysts_Through_Design_Interventions/links/595f0a18aca2728c11469d67/Educating-Design-Innovation-Catalysts-Through-Design-Interventions.pdf)
- [11] Rusu, G., & Avasilcai, S. (2013). Human resources motivation: an organizational performance perspective. *Annals of the Oradea University. Fascicle of Management and Technological Engineering*, 22(12), 331-334. Tomado de: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.407.4678&rep=rep1&type=pdf>
- [12] Villegas, R. V., & Varela, R. (2001). Innovación empresarial: arte y ciencia en la creación de empresas. Pearson educación.

- [13] De Escalona, R. B. (2007). "La creatividad e innovación en las Organizaciones." *Sapiens: Revista Universitaria de Investigación*, Vol. 8, No. 2, pp.111-130. [Online] Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/410/41080108.pdf>.
- [14] García, N. T., Ochoa, L. E., PROCREA, C. O. G. G. C., & el apoyo de COLCIENCIAS, C. (2004). "Clima organizacional: promotor de la creatividad en la empresa". *Revista Creando*, Vol. 2, No.1, pp.15-23. [Online] Disponible en: <https://www.adriandejesusvargas.com/blog/el-clima-organizacional-como-promotor-de-la-creatividad-en-la-empresa/>
- [15] Gaviria, A. L., Zuluaga, E. F., Joves, R. M. D. P., & López Trujillo, M. (2013). *Caracterización de la creatividad organizacional de la Gobernación de Caldas* (Proyecto de pregrado). Universidad de Caldas: Manizales. [Online] Disponible en: <http://repositorio.autonoma.edu.co/jspui/bitstream/11182/262/1/Tesis%20creatividad%20organizacional%20%20noviembre%2022%20entrega%20final.pdf>
- [16] Schnarch, K. A. (2004). *Creatividad, innovación, marketing y entrepreneurship*. Bogotá: Ecos de Grado y Posgrados.
- [17] Giménez, C., Macrini, D., & Miyaji, R. (2013). "Calidad e innovación-Una visión estratégica empresarial". *Revista del Instituto Internacional de Costos*, Vol. 11, No.1, pp.30-45. [Online] Disponible en: [http://www.revistaiic.org/articulos/num11/articulo5\\_es\\_p.pdf](http://www.revistaiic.org/articulos/num11/articulo5_es_p.pdf)
- [18] Hernández, G. A. A. (2009). La creatividad y la innovación en la universidad estatal a distancia. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, Vol. 12, No.2, pp. 113-120. [Online] Disponible en: <https://search.proquest.com/docview/1173218401?pq-origsite=gscholar>
- [19] Herrera, G. F. G. (2009). La innovación como estrategia y solución empresarial para impulsar la competitividad y un crecimiento sostenido a largo plazo. *Ciencia y Mar*, Vol. 13, No.1, pp.51-60. [Online] Disponible en: [http://www.umar.mx/revistas/38/Innovacion\\_empresa\\_rial-CyM-038.pdf](http://www.umar.mx/revistas/38/Innovacion_empresa_rial-CyM-038.pdf)
- [20] Anlló, G., & Ramos, A. (2007). *Innovación, estrategias empresariales y oportunidades productivas de las firmas extranjeras en Brasil y Argentina*. Buenos Aires: IPEA.
- [21] Gisbert, M. C. (2005). *Creatividad e innovación en la práctica empresarial*. Bogotá: Colección de Estudios Cotec.
- [22] Vizcaino, G. S. (1997). *La innovación tecnológica y la pequeña y mediana empresa en Andalucía: un estudio empírico* (Doctoral dissertation). *Universidad de Cadis: Andalucía*. [Online] Disponible en: [http://fondoeditorial.uneg.edu.ve/strategos/numeros/s06/s06\\_art04.pdf](http://fondoeditorial.uneg.edu.ve/strategos/numeros/s06/s06_art04.pdf)
- [23] Álvarez, C. E. M. (2004). Metodología para describir la cultura organizacional: estudio de caso en una empresa colombiana del sector industrial. *Universidad & Empresa*, Vol. 6, No. 2, pp.51-82. [Online] Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1872/187217454006.pdf>
- [24] Arraut, C., Sánchez, D. H., & Novoa, M. K. (2011). Impacto del programa emprendedor en la Universidad Tecnológica de Bolívar mediante un análisis a través de SPSS. *Revista EAN*, Vol. 71 (2), 184-194. [Online] Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-81602011000200013](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602011000200013)
- [25] Oropeza, R. (1994). *Creatividad e innovación empresarial*. Monterrubio. Panorama Editorial SA México.
- [26] Castillo, J. C. (2013). Espíritu empresarial como estrategia de competitividad y desarrollo económico. *Revista EAN*, Vol. 57, No. 2, pp. 103-118. [Online] Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/206/20605706/>
- [27] Kantis, H. (1996). Inercia e innovación en las conductas estratégicas de las Pymes argentinas: elementos conceptuales y evidencias empíricas. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Buenos Aires*. [Online] Disponible en: [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/9761/LCbueL156\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/9761/LCbueL156_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [28] Mathison, L., Gándara, J., Primera, C., & García, L. (2007). "Innovación: factor clave para lograr ventajas competitivas". *Revista NEGOTIUM/Ciencias Gerenciales*, Vol. 7, No. 2, pp. 65-83. [Online] Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/782/78230705/>
- [29] Castells, M. (2008). Creatividad, innovación y cultura digital. Un mapa de sus interacciones. *Revista Telos*, Vol. 77, No. 2, pp. 10-25. Recuperado de: <https://telos.fundaciontelefonica.com/telos/articulocuarderno.asp?idarticulo=2&rev=77.htm>
- [30] Da Silva, D. N., Vieira, R. K., Vieira, A. K., & de Santiago, M. (2016). Optimización del Proceso de Innovación para Proyectos Internos en las Empresas. *Información tecnológica*, Vol. 12, No. 2, pp.119-130. [Online] Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642016000300011](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642016000300011)
- [31] Villaverde, L. M. (2006). *Gestión del cambio y la innovación en la empresa*. Bogotá: Editorial SL.
- [32] Albuquerque, F. (1997). *Metodología para el desarrollo económico local*. Bogotá: CEPAL.

- [33] Rojas de Escalona, B. (2007). La creatividad e Innovación en las organizaciones. *Revista Sapiens*, Vol.8, No.1, p.p. 110-130. [Online] Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/410/41080108/>
- [34] Colmenares, J. (2009). Fortalecimiento de la innovación empresarial. Bogotá: Santillana.
- [35] Vesga, R. (2008). Emprendimiento e innovación en Colombia: ¿qué nos está haciendo falta. Observatorio de Competitividad del Centro de Estrategia y Competitividad. *Revista online academia*, Vol. 7, No.1, pp. 40-52. [Online] Disponible en: <https://cec.uniandes.edu.co/index.php/articulos>
- [36] Scarone, C. (2005). La innovación en la empresa: la orientación al mercado como factor de éxito en el proceso de innovación en producto. Cataluña: *Interdisciplinary Institute (IN3)*.
- [37] Morales, M. E., Ortiz, R. C., & Arias, M. A. (2012). Factores determinantes de los procesos de innovación: una mirada a la situación en Latinoamérica. *Revista EAN*, Vol. 72, No.2, pp.148-163. [Online] Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-81602012000100010&script=sci\\_abstract&lng=fr](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-81602012000100010&script=sci_abstract&lng=fr)
- [38] Murcia, C. H. H. (2011). "Creatividad e innovación para el desarrollo empresarial". *Ediciones de la U*, [Online] Disponible en: <http://doctrina.vlex.com.Co/source/creatividad-innovacion-desarrolloempresarial-5575>.
- [39] Otero, M. S., Atia, V. C., & Miranda, P. P. (2017). "Gestión de la innovación en pequeñas y medianas empresas de Barranquilla-Colombia". *Revista de Ciencias Sociales*, Vol. 22, No. 2, pp. 20-30. [Online] Disponible en: <http://www.produccioncientifica.luz.edu.ve/index.php/rcs/article/view/22137>
- [40] Torrejano, U. P., & Rodríguez, O. A. G. (2015). La creatividad e innovación aplicadas a las empresas como generadoras de alta producción. *Revista FACCEA*, Vol. 5, No.1, pp. 44-52. [Online] Disponible en: <http://www.udla.edu.co/revistas/index.php/faccea/article/viewFile/411/405>
- [41] Romero, A. F. (2010). *Creatividad e innovación en empresas y organizaciones: técnicas para la resolución de problemas*. Bogotá: Ediciones Díaz de Santos.
- [42] Prada, R. (2002). *Creatividad e innovación empresarial*. Bogotá: TecnoPress.
- [43] Blanco, E. L.(2016). Innovación y subdesarrollo: la paradoja de las tecnologías" blandas" en dirección. *Cofin Habana*, Vol. 10, No.1, pp. 39-56. [Online] Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2073-60612016000100004&script=sci\\_arttext&lng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2073-60612016000100004&script=sci_arttext&lng=pt)
- [44] Gómez, D. A. B., & Lozano, G. I. R. (2017). Incidencia de la ética en la productividad, a la luz de los planteamientos de García-Echevarría, Gómez-Pérez, Guédez, y Morris. Estudio de caso en 4 empresas. *I+ D Revista de investigaciones*, 10, No.2, pp.1-28. [Online] Disponible en: <http://www.udi.edu.co/revistainvestigaciones/index.php/ID/article/view/135>
- [45] Marina, J. A., & Marina, E. (2013). El aprendizaje de la creatividad. Ariel, Puebla.
- [46] Godoy, J. A. R. (2012). "La incidencia de la innovación sobre la creación de valor: propuesta de un modelo desde la perspectiva financiera". *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, Vol. 20, No.2, pp.175-187. [Online] Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ufce/v20n2/v20n2a12.pdf>
- [47] Jaime, M. (2012). "Innovación: la creatividad en el hilo del tiempo: Oración Maestros de la Cirugía Colombiana". *Rev. colomb. cir.*, Vol. 27, No.2, pp. 257-263. [Online] Disponible en: <http://www.revistacirugia.org/media/k2/attachment/s/Innovacin.pdf>
- [48] Isaza, R. D. B. (2014). Innovación empresarial. Arte y ciencia en la creación de empresas. *Tecnura*, Vol. 18, No.1, pp.197-199. [Online] Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/2570/257029750015.pdf>
- [49] Gómez, M. D. S. C. (2011). Historias empresariales en los estudios de caso. *Se autoriza la reproducción total o parcial de su contenido siempre y cuando se cite la fuente. Esta publicación no se responsabiliza de los conceptos expresados por sus colaboradores.*, 196. [Online] Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/646/64620759010.pdf>
- [50] Gómez, R. A. (2008). El liderazgo empresarial para la innovación tecnológica en las micro, pequeñas y medianas empresas. *Pensamiento & gestión*, (24), 157-194. Disponible en:
- [51] Tanoira, F. G. B. (2012). "Factores y razones para desarrollar la creatividad en las empresas. Un estudio en el Sureste de México". *Revista de Ciencias Sociales*, Vol. 18, No.3, pp. 509-519. [Online] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28024392009>
- [52] Gómez de la O, J. (2013). Barreras a la Competitividad Organizacional: Falta de Creatividad e Innovación. *International Journal of Good Conscience*, Vol. 8, No.2, pp. 1-10. [Online] Disponible en: [http://www.spentamexico.org/v8-n1/A1.8\(1\)1-10.pdf](http://www.spentamexico.org/v8-n1/A1.8(1)1-10.pdf)
- [53] Moreno, M., & Munuera, A, J. (2014). ¿Es importante la creatividad en el desarrollo de nuevos productos? *Universia Business Review*, Vol. 44, No. 2, pp.72-87. [Online] Disponible en: <https://ubr.universia.net/pages/view/consejo-editorial>
- [54] Petit, T, E. (2012). El desarrollo organizacional innovador: un cambio conceptual para promover el

- desarrollo. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)* Vol. 18, No. 1, pp.74-88. <http://www.redalyc.org/html/280/28022785006/>
- [55] Tena, M. (2010). Aprendizaje de la Competencia Creatividad e Innovación en el marco de una titulación adaptada al Espacio Europeo de Educación Superior. *Formación universitaria*, Vol. 3, No.2, pp.11-20. [Online] Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-50062010000200003&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-50062010000200003&script=sci_arttext)
- [56] Peñaloza, M. (2007). Tecnología e Innovación. *Actualidad Contable FACES*, Vol. 10, No.15, pp.82-94. [Online] Disponible en: [www.saber.ula.ve/handle/123456789/17422](http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/17422)
- [57] Arias, G. (2012). El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica. 5ta. Fideas G. Arias Odón.
- [58] García, R. F. (1977). *Metodología de la Investigación*. Trillas.
- [59] Camarasa, G, R. (2008). Estrategias y Control de la Innovación. *Gestión joven: Revista de la Agrupación Joven Iberoamericana de Contabilidad y Administración de Empresas*, Vol. 16, No. 1, pp.4-12. [Online] Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-48212014000400004](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212014000400004)
- [60] Kirberg, A. S. (2008). *Creatividad aplicada: cómo estimular y desarrollar la creatividad a nivel personal, grupal y empresarial*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- [61] Manucci, M. (2005). *Atrapados en el presente: la comunicación, una herramienta para construir el futuro corporativo* (Vol. 25). Quito: Marcelo Manucci Ediciones.

## Artículos de divulgación





# Actualidad e importancia de la implementación de Big Data utilizando las herramientas Hadoop y Spark

## *Present and importance of the implementation of Big Data using the Hadoop and Spark tools*

**MsC. Lina Montoya Suarez**  
Universidad Católica Luis Amigó  
[lina.montoyasu@amigo.edu.co](mailto:lina.montoyasu@amigo.edu.co)

**Gustavo Andrés Gil Restrepo**  
Universidad Católica Luis Amigó  
[gustavo.gilre@amigo.edu.co](mailto:gustavo.gilre@amigo.edu.co)

(Recibido el 06-22-2017, Aprobado el 31-10-2017, Publicado el 16-01-2018)

Estilo de Citación de Artículo:

L. M. Montoya, G.A. Gil, "Actualidad e importancia de la implementación de Big Data utilizando las herramientas Hadoop y Spark", Lámpsakos, no. 19, pp 67-72, 2018

DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2403>

**Resumen:** En el presente artículo se realizó una revisión sobre la actualidad e importancia del Big data a través de las herramientas Hadoop y Spark. En un principio se contextualiza el concepto Big Data desde diferentes autores y haciendo referencia a su importancia en las diferentes organizaciones, teniendo como premisa las tres V que deben estar presentes a la hora de implementar Big Data (Volumen, Variedad y Velocidad).

Luego se analizan las herramientas Hadoop y Spark, identificando su capacidad de hacer más eficiente el procesamiento de grandes volúmenes de datos, de diferentes tipos de datos y a gran velocidad dando solución a los problemas que se presentaban antes cuando se iba a trabajar sobre muchos datos.

Por último se hace una reflexión sobre la importancia del Big Data en la toma de decisiones de una organización, teniendo en cuenta que la toma de decisiones permite que una organización sea competitiva y pueda perdurar en el tiempo.

**Palabras Claves:** Big Data, Open Data, Volumen, Variedad, Velocidad, Hadoop, Spark, Map Reduce, HDFS, Minería de datos.

**Abstract:** In the present article, a review was made on the relevance and importance of Big Data through the Hadoop and Spark tools. First the Big Data concept is contextualized from different authors and making reference to its importance in the different organizations, having as a premise, the three V that must be present when implementing Big Data (Volume, Variety and Speed).

Then, the Hadoop and Spark tools are analyzed, identifying their capacity to make more efficient the

processing of large volumes of data, of different types of data and at a high speed, solving the problems that arose before when many data were going to be worked on.

Finally, a reflection is made on the importance of Big Data in the decision-making of an organization, taking into account that decision-making allows an organization to be competitive and to last over time.

**Key Words:** Big Data, Open Data, Volume, Variety, Speed, Hadoop, Spark, Map Reduce, HDFS, Data Mining.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los datos se están generando exponencialmente, de una forma que no se imaginaba antes, hoy por hoy se dispone de dispositivos tecnológicos como celulares, portátiles, *Smart TV*, *Smart Watch*, *Tablet* entre otros; los cuales hacen parte de la vida cotidiana y gran parte de la población mundial [1]. Por lo que en la actualidad, hay una gran inquietud sobre el manejo y uso de grandes volúmenes de datos, es allí donde nacen diferentes disciplinas y tecnologías como la Big Data que requiere sacar un beneficio para las diferentes organizaciones y para toda la sociedad [2].

Durante el siglo XXI comenzó una convergencia de diferentes elementos como tecnologías, redes sociales, dispositivos móviles, banda ancha, internet de las cosas, que hicieron posible que en el año 2011 y 2012 se comenzara a usar la *Big Data* como

un elemento primordial para la competitividad de las organizaciones [3]. Debido a este surgimiento en la actualidad han llevado a que estas se preocupen por la gestión de la información y así replantear sus estrategias en cuanto el manejo, tratamiento y uso de la información, estas estrategias pueden influir en gran medida en la capacidad de mantenerse competitiva en el mercado local y mundial para perdurar en el tiempo [4].

Otro aspecto se puede observar en las entidades gubernamentales ya que son un actor muy importante en el tema de *Big Data*, pues cuentan con un gran volumen de información, generada por un municipio o nación, es allí donde aparece el término “open data” o “datos abiertos”, visto también como un movimiento que exige el acceso a los datos almacenados por las diferentes organizaciones del estado, para que haya transparencia en sus procesos y utilización de los datos en búsquedas de beneficios para todos [5].

El fin de este trabajo de investigación en primera instancia fue realizar una reflexión sobre *Big Data*, teniendo presente sus técnicas y herramienta por consiguiente se analizaron los resultados encontrados, y al final se dan la discusión y las conclusiones a las cuales se llegó.

## 2. ESTADO DEL ARTE

### 2.1 *Big Data*

El *Big Data* es una herramienta llamada a la creación de conocimiento, es por eso que la ciencia se puede apoyar mucho de esta herramienta desde una cultura de colaboración científica, de allí nace un movimiento llamado “*Open Science*” que va de la mano con el “*Open Data*” [6].

El *Big Data* hace referencia al gran volumen de datos generados por la humanidad a través de diferentes dispositivos, el procesamiento y análisis de estos datos son de gran valor para la toma de decisiones de una organización.

Para que se pueda considerar que se está implementado *Big Data*, los datos deben cumplir con tres características: que sea un gran volumen de datos, que sea una gran variedad de datos y que sean procesados a gran velocidad, al cumplir con estas características se puede garantizar unos resultados adecuados del *Big Data*.

### 2.2 Técnicas *Big Data*

El procesamiento de datos ha cambiado a través del tiempo, a medida que la capacidad del hardware y el

software han evolucionado, pues el volumen de datos en la humanidad ha crecido exponencialmente, es por eso que a la par del hardware de alta capacidad también es necesario técnicas con algoritmos de alto rendimiento para el procesamiento de datos masivos [7].

Algunos de las técnicas más utilizadas en minería de datos son:

- Las Redes Neuronales: son un modelo compuesto por nodos organizados en capas e interconectados entre sí. Los nodos y sus valores se ordenan siempre buscando el funcionamiento más óptimo, buscando resolver problemas de predicción y clasificación.
- Los árboles de decisiones: son estructuras de nodos organizados jerárquicamente, siendo su principal aplicación la clasificación de los datos y la toma de decisiones de acuerdo a dicha clasificación.
- Los Algoritmos Genéticos: se basan en gran medida en la teoría Darwinista que plantea que los individuos más adaptados son los que permanecen. Así mismo los Algoritmos Genéticos buscan la mejor solución, estableciendo reglas que descartan diferentes soluciones hasta hallar la mejor por lo cual la búsqueda es optimizada al máximo posible.
- Los Vecinos más Cercanos: es una técnica que se encarga de agrupar los nodos de acuerdo a su grado de similitud para que el procesamiento de grandes volúmenes de datos sea más eficiente y en el menor tiempo posible.
- La Reglas de Inducción son una técnica que se encarga de determinar reglas o patrones en un conjunto de datos a partir de condiciones “si - entonces” [8].

### 2.2.1 HADOOP

La herramienta Hadoop es un entorno de desarrollo que permite almacenar, procesar y analizar grandes cantidades de datos. Fue creada con el propósito de responder a las necesidades de implementación de *Big Data*. Una de sus principales características es que es un software de código abierto. Es escalable, tolerable a los fallos y es distribuido [9].

Su característica de ser un software distribuido es debido a que en su ejecución, Hadoop trabaja con un conjunto de computadores interconectados entre sí a través de una red, siendo el propio software el que toma la decisión de la forma en que se distribuye la información entre ordenadores permitiendo el acceso y manipulación de dicha información desde cualquier computador.

La característica de ser un software escalable hace referencia a la posibilidad de que esta tecnología permite aumentar la capacidad sin límite del *cluster* de ordenadores, de acuerdo a la cantidad de computadores y de hardware que se añadan a la red. Otras tecnologías sí tienen límite de capacidad.

La característica de ser una herramienta tolerable a fallos es debido a que todo software distribuido tiende a fallar eventualmente, sin embargo, en estos casos Hadoop permite que cuando un nodo falle, el sistema siga funcionando sin problemas ya que el nodo maestro transfiere las funciones a otro nodo que esté funcionando sin problemas.

La característica de ser un software *open-source* o de código abierto, permite que sea de acceso público, que se pueda descargar de forma gratuita, que pueda ser modificado de acuerdo a las necesidades y que pueda ser distribuido si se desea.

En los sistemas informáticos tradicionales, una sola base de datos alimenta los diferentes ordenadores conectados a una red para sus propios. Esto hace que cada computador tenga que esperar a que otro computador finalice sus procesos, para poder comenzar con los propios, generando así un cuello de botella en la ejecución de procesos con grandes volúmenes de datos.

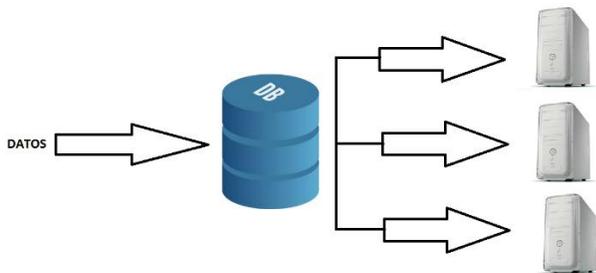


Fig. 1. Procesamiento de datos antes de HADOOP

Los sistemas distribuidos que implementan Hadoop en la gestión de sus datos, cuentan con una réplica de la base de datos para cada ordenador lo que hace posible que cada uno realice sus procesos en paralelo a los otros ordenadores de la red, haciendo posible el procesamiento de un mayor volumen de datos, con más eficiencia y en menor tiempo.

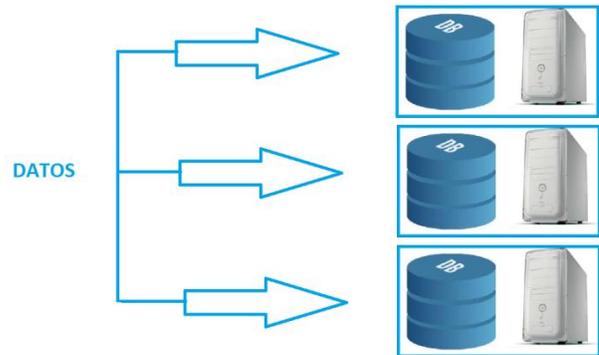


Fig. 2. Procesamiento de datos con HADOOP

### Componentes

*Hadoop Distributed File System, HDFS*: es uno de los principales componentes de Hadoop ya que permite crear diferentes sistemas de ficheros lo que permite tener replicas, mayor capacidad y rendimiento. A su vez brinda la posibilidad de que los datos estén disponibles en cada ordenador para la ejecución rápida y paralela de procesos [10].

*Map Reduce*: El paradigma *Map Reduce* es un modelo de programación que permite el procesamiento de grandes volúmenes de datos en forma paralela, facilitando el manejo tolerable de errores en la manipulación de datos masivos lo que a su vez también permite de la forma más sencilla que diferentes procesos trabajen simultáneamente e interactúen entre sí [11].

Hadoop creado por *Apache* y desarrollado en el lenguaje Java, es un *Framework* que permite trabajar con miles de nodos y volúmenes de datos expresados en peta bytes. Uno de sus principales componente es el *HDFS (Hadoop Distributed File System)*, que permite manipular grandes volúmenes de datos a través de un sistema distribuido de archivos. Su aplicación ha sido principalmente en el *Big Data*, llegando a ser la herramienta más usada en esta área.

El *HDFS* funciona a través de dos tipos de nodos, el nodo maestro o *Namenode* y los nodos esclavos o *Datanodes*. El nodo maestro se encarga de manejar los punteros, de ordenar los nodos y de almacenar su ubicación, mientras los nodos esclavos solo se encargan de almacenar archivos a través de bloques [12].

El componente *Map Reduce*, tuvo sus inicios en Google cuando los empleados Sanjay Ghemanwat y Jeffrey Dean hicieron un desarrollo que permitía realizar tareas de forma simultánea.

Actualmente *Map Reduce* en Hadoop se encarga de reducir los datos en fragmentos más pequeños con el fin de que su procesamiento sea mejor y en menos tiempo. La función *Map* se encarga de hacer un mapeo creando un paralelo con cada dato de entrada, creando así una lista de datos pares, mientras la función *Reduce* llama la lista de datos pares buscando el resultado deseado y permitiendo trabajar en paralelo [13].

### 2.2.2 Spark

En la Universidad de Berkeley California se desarrolló el *Framework Spark* con tres principales características: capacidad en analítica, fácil en su manipulación y que desarrolla procesos a altas velocidades.

Se puede decir que *Apache Spark* es una versión mejorada de *Map Meduce*, pues aprovecha el procesamiento simultaneo de grandes volúmenes de datos y aparte, proporciona el Grafo Acíclico Dirigido (DAG), el cual divide el proceso en diferentes tareas que se ejecutan en un *cluster* y que brindan más velocidad y la posibilidad de ejecutar volúmenes de datos más grandes [14].

El *Framework Spark* fue donado de Universidad de California a la fundación Apache como una iniciativa de código abierto y cuenta con una interfaz que permite programar diferentes *cluster* completos de forma paralela y evitando la complejidad ciclomática lo cual lo hace tolerante a fallos y de mayor rendimiento en procesamiento de grandes volúmenes de datos [15].

En el 2009 fue creado por Matei Zaharia en el AMP LAB en la Universidad de Berkeley. En el 2010 pasó a ser un software de código abierto, en 2013 lo recibió la Fundación Apache y lo tomó con un proyecto de alta importancia, de tal forma que para el 2015 ya contaba con 1000 contribuyentes [16].

### 2.3 Beneficios Big Data

Todas estas tecnologías aplicadas al *Big Data* buscan aportar competitividad a las diferentes organizaciones, sean públicas o privadas, pues es la competitividad la que permite que perduren en el tiempo y puedan alcanzar sus objetivos [17].

La información ha tomado gran relevancia al interior de las organizaciones, tanto así que la simbolizan como el petróleo de actualidad, pues su valor puede ser retribuido monetariamente si es bien utilizada [18].

Al interior de toda organización se debe tener muy claro dónde está el origen de la información que se requiere para dar respuesta a los problemas que

acontecen día a día, también cómo se va a filtrar lo realmente relevante para la organización y por último cual es la gestión o cuales son las acciones que se van a emplear para que esta información realmente cobre valor [19]. Por lo tanto en la minería de datos se buscan los datos que realmente tienen valor para la organización, pues el volumen de datos con los que trabaja el *Big data* es demasiado grande, por lo tanto lo importante es encontrar patrones que ayuden a entender el comportamiento del sistema circundante [20].

El *Big Data* es un gran insumo para la generación de conocimiento en las organizaciones, pues brinda información oportuna para la toma de decisiones, que se traducen en acciones que al final se transforman en conocimiento, siendo la gestión de este conocimiento la que posibilita anticiparse a los cambios del entorno [21].

## 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Al revisar la literatura se encontró; en la actualidad el *Big Data* es una herramienta que está siendo utilizada cada vez más al interior de las organizaciones tanto a nivel nacional como internacional para dar respuesta a los diversos problemas é incógnitas que surgen en la operatividad del día a día. Es fundamental reconocer el crecimiento exponencial de la generación de datos, lo que ha hecho necesario el cumplimiento de requerimientos tanto en software y como de hardware los cuales son necesarios al momento de manipular grandes volúmenes de datos.

De esta forma se identificó que la Fundación Apache ha sido una organización que ha hecho grandes aportes en cuanto a desarrollos de software que ayudan a implementar el *Big Data* en las organizaciones, así pues, Apache participó en el desarrollo del *Framework* Hadoop, el cual en la actualidad es el más utilizado y el que ha permitido avanzar en el procesamiento de grandes volúmenes de datos, a través de sus componentes *HDFS* (que permite la réplica de los datos) y *Map Reduce* (qu permite el procesamiento en paralelo de los datos).

Otro punto que se identificó como un gran desarrollo para *Big data*, es la tecnología SPARK la cual permite trabajar en conjunto con Hadoop y que es mucho más rápida y eficiente pues trabaja utilizando la memoria y no el disco duro. En la Tabla 1 se observan la comparación de características entre Map Reduce y Spark.

**Tabla 1.** Características Map Reduce y Spark

Características	Map Reduce	Spark
Desarrollado por	Google	Universidad de Berkeley
Diseñado para	Procesar segmento de datos	Procesar en tiempo real
Lenguaje de desarrollo	Java	Scala
Soporte de proceso en memoria	Si	No
Resultados son almacenados en	Disco duro	Memoria
Tolerable a fallos por	Tener replica de datos	Registro de transformación
Cuello de botella	Acceso a disco frecuente	Gran consumo de memoria
Capacidad de datos	102.5 Tb	100 Tb
Tiempo de proceso	72 min	23 min
Cantidad de nodos	2100	206

#### 4 CONCLUSIONES

Después de investigar sobre el ámbito que rodea al *Big Data* se concluye que es una herramienta que tiene la capacidad de influir positivamente en el futuro de una organización, pues da la posibilidad de tomar mejores decisiones y de identificar de una forma muy aproximada la realidad del entorno que nos rodea. Es por esto que cada vez más organizaciones a nivel mundial están adoptando el *Big Data* como una de sus principales herramientas para la toma de decisiones y así mismo están implementando diferentes tecnologías como Hadoop y Spark que les ayuda a obtener respuestas casi que en tiempo real, algo que era imposible en el pasado.

También se concluye que es momento de que las organizaciones en Colombia comiencen a implementar *Big Data*, para direccionar sus estrategias y de esta forma se logrará tener una economía más competitiva y actualizada con las Tecnologías de la información vigentes.

#### 5 REFERENCIAS

[1] V. M. Schönberger and K. Cukier, *Big data: la revolución de los datos masivos*. Turner, 2013.

[2] J. Serrano-Cobos, "Big data y analítica web. Estudiar las corrientes y pescar en un océano de datos," *El Prof. la Inf.*, vol. 23, no. 6, pp. 561–565, 2014.

[3] L. J. Aguilar, *Big Data, Análisis de grandes volúmenes de datos en organizaciones*. Alfaomega Grupo Editor,

2016.

[4] J. G. Cantero, "Nuevas estrategias de gestión de la información," *Big Data*, vol. 95, p. 51, 2013.

[5] A. Ferrer-Sapena and E. Sánchez-Pérez, "Open data, big data: ¿hacia dónde nos dirigimos?," *Anu. ThinkEPI 2013*, vol. 7, pp. 150–156, 2013.

[6] A. López Borrull and A. Canals, "La colaboración científica en el marco de nuevas propuestas científicas: Open Science, e-Science y Big Data," *La Colab. científica una aproximación Multidiscip. Val. Nau Llibres*, pp. 91–100, 2013.

[7] M. A. Murazzo, N. R. Rodriguez, M. J. Guevara, and F. G. Tinetti, "Identificación de algoritmos de cómputo Intensivo para big data y su implementación en clouds," in *XVIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2016, Entre Ríos, Argentina)*, 2016.

[8] M. Coto-Jiménez, "Minería de datos: concepto y aplicaciones," *Una ojeada a Clasif. del suelo Globos Cantolla II vuelo Vert. Arduino uno para prototipado rápido Gener. números aleatorios El bosón Higgs, la partícula divina*, p. 60, 2014.

[9] A. C. C. Herráez, "Big data con Hadoop-I," 2015.

[10] B. Sarmiento, M. Hernández, and X. Gómez, "Herramientas y antecedentes Big Data," *Rev. Investig. y Desarro. en TIC*, vol. 5, no. 2, 2017.

[11] A. Hernández Dominguez and A. Hernández Yeja, "Acerca de la aplicación de MapReduce+ Hadoop en el tratamiento de Big Data," *Rev. Cuba. Ciencias Informáticas*, vol. 9, no. 3, pp. 49–62, 2015.

[12] L. F. Vásquez Rugel, L. A. Caviedes Ruiz, and others, "Sistema de archivos por capas en Hadoop HDFS," *Espol*, 2017.

[13] J. L. Larroque, "Indexado de Wikipedia a través de una arquitectura Map Reduce," *Facultad de Informática*, 2017.

[14] A. Fenna Víchez, "Captura y gestión de open data en entornos de smart city," 2017.

[15] M. Niño and A. Illarramendi, "ENTENDIENDO EL BIG DATA: ANTECEDENTES, ORIGEN Y DESARROLLO POSTERIOR," *DYNA New Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2015.

[16] S. A. Valenzuela, C. L. Vidal, J. D. Morales, and L. P. López, "Ejemplos de Aplicabilidad de Giraph y Hadoop para el Procesamiento de Grandes Grafos," *Inf. tecnológica*, vol. 27, no. 5, pp. 171–180, 2016.

[17] K. Esser, W. Hillebrand, D. Messner, J. Meyer-Stamer, and others, "Competitividad sistémica: nuevo desafío para las empresas y la política," *Rev. la CEPAL*, vol. 59, no. 8, pp. 39–52, 1996.

[18] D. Cohen Karen, E. Asin Lares, D. G. Lankenau

Caballero, and D. Alanis Davila, "Sistemas de información para los negocios: Un enfoque para la toma de decisiones.," 2005.

[19] G. Ponjuán Dante, "Gestión de información en las organizaciones: principios, conceptos y aplicaciones," 1998.

[20] H. Orallo, J. RAMIREZ, C. R. QUINTANA, M. Josej. H. Orallo, M. J. R. Quintana, and C. F. Ramírez, *Introducción a la Minería de Datos*. Pearson Prentice Hall, 2004.

[21] A. Blázquez Manzano, "La información y comunicación, claves para la gestión del conocimiento empresarial," 2013.



# Guía para la configuración de la Interfaz Nativa de Java

## Guide for configuration the Java Native Interface

**Mailyn Moreno Espino, PhD.**

Facultad de Ingeniería Informática  
Universidad Tecnológica de La Habana  
José Antonio Echeverría, CUJAE  
La Habana, Cuba  
[my@ceis.cujae.edu.cu](mailto:my@ceis.cujae.edu.cu)

**Raymel Ramos Guerra, Esp.**

Universidad Tecnológica de La Habana  
José Antonio Echeverría, CUJAE  
La Habana, Cuba  
[rmosg@ceis.cujae.edu.cu](mailto:rmosg@ceis.cujae.edu.cu)

**Yilian Bacallao Leiva, Ing.**

Universidad Tecnológica de La Habana  
José Antonio Echeverría, CUJAE  
La Habana, Cuba  
[ybacallao@ceis.cujae.edu.cu](mailto:ybacallao@ceis.cujae.edu.cu)

(Recibido el 19-07-2017, Aprobado el 31-10-2017, Publicado el 16-01-2018)

Estilo de Citación de Artículo:

M. Moreno, R. Ramos, Y. Bacallao, "Guía para la configuración de la Interfaz Nativa de Java", Lámpsakos, no. 19, pp 73-76, 2018  
DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2344>

**Resumen:** En la actualidad existen diversos lenguajes de programación y es necesario contar con una herramienta que permita la integración entre ellos. Java provee de un framework llamado: interfaz nativa de Java, JNI por sus siglas en inglés; para permitir que se puedan escribir programas en otros lenguajes diferentes a Java y mantener la portabilidad entre todas las plataformas. Permite que el código que se ejecuta en la máquina virtual de Java pueda interactuar con aplicaciones y bibliotecas escritas en otros lenguajes, como C, C++ y ensamblador. Esta guía se basa en un ejemplo básico de una aplicación "Hello Word", la cual servirá para de manera sencilla, mostrar los pasos a seguir para la configuración de JNI en los entornos de desarrollo involucrados, que para esta guía se utilizó, para Java: Eclipse y para C++: Visual Studio 2010.

**Palabras clave:** Eclipse, Framework, JNI, Máquina virtual de Java, Visual Studio.

**Abstract:** Currently there are several programming languages and it is necessary to have a tool that allows integration between them. Java provides a framework called: Java native interface, JNI; to allow it to be written in languages other than Java and maintain portability across all platforms. It allows the code running on the Java virtual machine to interact with applications and libraries written in other languages, such as C, C++ and assembler. This manual is based on a basic example of a "Hello Word" application, which serves the simple way, shows the steps to follow for the JNI configuration in the development

environments involved, which for this guide were, for Java: Eclipse and for C++: Visual Studio 2010.

**Keywords:** Eclipse, Framework, JNI, Java virtual machine, Visual Studio

## 1 INTRODUCCIÓN

En ocasiones surge la necesidad de integrar diferentes lenguajes de programación debido a las facilidades y las particularidades que brindan cada uno de ellos.

Actualmente existen diversos lenguajes de programación y cada uno cumple un objetivo; entre ellos se encuentra Java. Java es un lenguaje de programación orientado a objetos, que permite al usuario abstraerse del trabajo con la memoria, lo cual en ocasiones es un inconveniente [1].

Existen diferentes herramientas que permiten la integración entre lenguajes de programación una de ellas es el framework JNI. JNI permite al código Java que se ejecuta dentro de la máquina virtual de Java interactuar con aplicaciones y librerías escritas en otros lenguajes, como C/C++ o incluso en lenguaje ensamblador [2]. Incorpora a su vez las herramientas para ejecutar código Java desde

aplicaciones desarrolladas en otros lenguajes [2]. El código nativo son funciones escritas en un lenguaje de programación como C o C++ para un sistema operativo donde se está ejecutando la máquina virtual [3]. La máquina virtual es un entorno de programación formado por el programa que ejecuta los *bytecodes* Java y las librerías (API) de Java [3].

Los entornos de desarrollo utilizados fueron: para Java Eclipse y para C++ Visual Studio. Esta guía expone de manera sencilla los pasos a seguir para configurar JNI en la computadora.

## 2 DESARROLLO

La configuración de JNI en la herramienta de desarrollo que se vaya a utilizar resulta en ocasiones algo engorrosa y de la cual hay poca información disponible. En esta guía se expone mediante un ejemplo sencillo de una aplicación “Hello Word” los pasos a seguir para la configuración de las herramientas Eclipse y Visual Studio. No es objetivo de este trabajo hacer un resumen de JNI ni de las ventajas y desventajas que este ofrece, ya que solo se enfoca en la configuración de los Entornos de desarrollo integrados IDEs, antes mencionado. Esta guía ha sido confeccionada partiendo de que se tiene un mínimo de conocimiento en estas herramientas de desarrollo.

### 2.1 Aspectos fundamentales

Para la elaboración de la guía se escogieron los IDEs de desarrollo Eclipse para el lenguaje de JAVA y Visual Studio 2010 para C++. Aunque para esta guía se usó Visual Studio 2010 cabe destacar que estos mismos pasos fueron probados para las versiones 2012 y 2013.

Esta guía presenta la implementación de un ejemplo básico “Hello Word”. Este ejemplo consta de 2 aplicaciones una llamada **testJNI** implementada en JAVA la cual se subdivide en un paquete llamado **test** el cual contiene la clase **HelloWord** que va a ser la encargada de invocar el método nativo implementado en C++ y finalmente imprimir en la consola el cartel “*Hola mundo con JNI*”. La segunda aplicación llamada **helloWordJNI** está implementada en C++, esta va a contener el fichero **helloWordJNI.cpp** el cual tendrá la implementación del algoritmo que devuelve la frase “*Hola mundo con JNI*”.

### 2.2 Pasos para la configuración del Eclipse

En este paso se harán las configuraciones necesarias en el IDE Eclipse, el cual emplearemos para el lenguaje Java.

#### 1) Crear nuevo proyecto

Crear un nuevo proyecto en Eclipse y nombrarlo **testJNI**, posteriormente agregarle un paquete llamado **test** y dentro de este paquete agregarle una clase llamada **HelloWord**.

#### 2) Invocación al método nativo

A la clase **HelloWord** añadirle el siguiente fragmento de código:

```
package test;
public class HelloWord {
    public native static String
    helloWord(); 1
    static{
        System.loadLibrary("helloWordJNI");
        2
    }
    public static void main(String[] args)
    {
        System.out.println(helloWord());
    }
}
```

En la sentencia **1** es en donde se hace la invocación al método nativo. Con **2** se carga la dll que contiene el método nativo implementado en C++.

#### 3) Compilar la clase

Al compilar la aplicación, el Eclipse debe lanzar una excepción del tipo `UnsatisfiedLinkError`. Este error se debe a que el compilador no puede cargar la Librería de enlace dinámico, dll con el método nativo. Es necesario ejecutar este paso ya que al compilar la aplicación se crea el fichero `.class` necesario para poder generar el encabezado.

#### 4) Generar el encabezado(.h) de la función nativa

Ir a **Run configuration ->External Tools Configurations** y crear una nueva configuración.

En *name* se pone nombre cualquiera (el que desee el programador). Para este ejemplo se decidió utilizar **configuration**. En *Location* se pone la dirección donde se tenga instalado la máquina virtual de JAVA, se localiza el fichero **java.h** ubicado dentro de carpeta **bin**; este fichero es el encargado de generar un encabezado .h con la información necesaria que va a necesitar el método nativo que va a ser implementado posteriormente en C++. En *WorkingDirectory* se especifica donde se quiere que

se genere nuestro encabezado que debe ser dentro de la carpeta **bin** del proyecto.

En *Arguments* se escribe:

```
-jni  
nombre_del_paquete.nombre_del_fichero_.class.
```

Finalmente se da click en el botón *Run*. Lo próximo es ir a la ubicación del proyecto y ver si se generó correctamente dentro de la carpeta **bin** un fichero **.h**.

5) Especificarle al Eclipse donde van a estar nuestras librerías nativas

Se hace *Click* derecho sobre el proyecto y se selecciona *Properties*. En la pestaña *Librerías* desplegar la librería, seleccionar *NativeLibraryLocation* y hacer click en el botón *Edit*.

En el botón *Workspace* se selecciona la ruta donde se encontrará la librería **.dll**, y posteriormente se hace *Click* en *OK*.

Con estos simples pasos ya se tiene preparado el Eclipse para que reconozca nuestras librerías nativas.

### 2.3 Pasos para la configuración del Visual Studio

En este paso se harán las configuraciones necesarias en el IDE Visual Studio, el cual se empleará para el lenguaje C++.

1) Crear un nuevo proyecto

Crear un nuevo en Visual Studio y ponerle el nombre de **helloWordJNI**, posteriormente agregarle al archivo **helloWordJNI.cpp** el siguiente código:

```
#include"stdafx.h"  
usingnamespace::std;  
JNIEXPORT jstring JNICALL  
Java_test_HelloWord_helloWord  
(JNIEnv * env, jobject obj){  
    string name="Hola mundo con JNI";  
    jstring js= env-  
>NewStringUTF(name.c_str());  
    return js;  
}
```

Al fichero **stdafx.h** agregarle el siguiente código:

```
#pragmaonce  
#include"targetver.h"  
#define WIN32_LEAN_AND_MEAN  
#include<windows.h>  
#include"test_HelloWord.h"  
#include<jni.h>  
#include<string>
```

2) Configurar Visual Studio para que reconozca las librerías JNI

Hacer click derecho sobre el proyecto y seleccionar *properties*. En la ventana *helloWordJNIPropertyPages*, desplegar *C/C++* seleccionar *General*, en *AdditionalIncludeDirectories* hacer click, desplegar y seleccionar *<Edit...>*.



Hacer click en el icono  y agregar:

- Ruta del encabezado generado desde el Eclipse.
- Incluir las rutas en estos directorios es en donde se encuentra la información relacionada con JNI:

```
C:\Program Files\Java\jdk1.8.0\include\win32  
C:\Program Files\Java\jdk1.8.0\include..
```

Hacer click en *OK* y luego en *Aceptar*.

3) Generar la librería con el código nativo

Hacer click en *startdebugging* o presionar la tecla **F5**.

4) Agregar la librería de código nativo al proyecto implementado en JAVA

Ir a la ubicación del Workspace de Visual Studio. Ir a la ruta *Projects\helloWordJNI\Debug* copiar el archivo **.dll** generado, en este caso **helloWordJNI.dll**.

Ir a la ubicación del Workspace del Eclipse. Ir a la ruta **testJNI\bin** y pegar el archivo **.dll** copiado.

### 2.4 Validación de la aplicación

En el Eclipse hacer click en *RunHelloWord* o presionar **Ctrl+F11**. Se debe mostrar en la consola de JAVA la siguiente frase: "Hola mundo con JNI".

### 3 TRABAJOS FUTUROS

Actualmente se está desarrollando un sistema multi-agente en JADE para la verificación de integridad de procesos en ejecución en los sistemas operativos Windows y Linux. Los agentes inteligentes están creados dentro de la plataforma JADE la cual está implementada en JAVA y debido a que este lenguaje te abstrae del trabajo con la memoria se hizo imprescindible disponer de otro lenguaje que si lo permitiera, el cual fue C++. De esta necesidad surge el objetivo de esta guía: configurar y aprender a utilizar JNI.

### 4 CONCLUSIONES

Al término de esta guía se puede concluir lo siguiente:

- El framework JNI es de gran ayuda a todo aquel que quiere integrar código nativo a sus aplicaciones creadas en JAVA.
- La configuración de JNI en los IDEs de desarrollo no son muy complejas.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dra. C. Maylin Moreno Espino por los aportes a esta investigación. A la Universidad Tecnológica de la Habana "José Antonio

Echeverría" CUJAE. A la Facultad de Ingeniería Informática de la CUJAE.

### REFERENCIAS

- [1] P. Deitel, H. Deitel, "Java How to Program": Prentice Hall Press, 2011.
- [2] O. B. Fernández, Introducción al lenguaje de programación Java.: Una guía básica vol. 9, 2005.
- [3] R. McNab and F. Howell, "Using java for discrete event simulation," in Proceedings of the Twelfth UK Computer and Telecommunications Performance Engineering Workshop, 1996, pp. 219-228.
- [4] S. Stricker. (2002, Java programming with JNI. Developer works, 22.
- [5] D. G. Javier and R. J. Ignacio, "Aitor, Imaz," Aprenda Java como si estuviera en primero. Escuela Superior de Ingenieros Industriales. San Sebastian, 2000.
- [6] S. Liang, The Java Native Interface: Programmer's Guide and Specification: Addison-Wesley Professional, 1999.
- [7] L. F. Evgeniy Gabrilovich, "JNI – C++ integration made easy", 2007.

# 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](mailto: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*”.