

Lámpsakos

No. 23 | pp. 1-112 | enero-junio | 2020 | Medellín - Colombia

Presentación

Presentation

Editorial

Investigación orientada a la innovación empresarial y al desarrollo tecnológico

Research oriented to business innovation and technological development

José Germán López Quintero

Artículos de investigación

Research papers

Propuesta de un algoritmo para la asignación dinámica de espectro en redes ópticas elásticas (EON)

Proposal of an algorithm for the dynamic spectrum allocation on elastic optical networks (EON)

Sebastián David Ossa Hernández, José Alejandro Vargas Gutiérrez, Gustavo Gómez Agredo

Análisis del desempeño de un algoritmo de ensamble mixto dinámico

Analysis of the performance of a dynamic mixed assembly algorithm

Neil Andrés Jiménez Pinzón, José Giovanni López Perafán

Programación de mantenimiento preventivo usando algoritmos genéticos

Preventive maintenance programming using genetic algorithms

Jaime Antero Arango Marín, Silvio León Rosero Otero, Mario Enrique Montoya Arias

Desarrollo de un aplicativo móvil y web que calcule la huella de carbono en el sector educativo y transporte

Development of a mobile and web application that calculates the carbon footprint in the education and transport sector

Jennifer Londoño Gallego, Sebastián Londoño Marín, Carlos López Romero, Juan David Vahos Montoya,

Luis Ángel Escobar Castrillón, Santiago Rendón Pareja

The hardy Croos method and its implementation in Spain

El método Hardy Cross y su implementación en España

Josep Maria Pons

Energy from biomass: alternative for the reduction of atmospheric emissions

Biomasa: alternativa energética para la reducción de emisiones atmosféricas

John Freddy Galvis Martínez, Luz Marina Torrado Gómez, María Fernanda Serrano Guzmán, Norma Cristina, Solarte Vanegas, Diego Darío Pérez Ruíz

Control de la temperatura en el interior del habitáculo de un vehículo

Temperature control inside the habitacle of a vehicle

Vicente Rojas-Reinoso, Jorge Néjer-Guerrero, Jhony Pancha-Ramos, Vicente Romero-Hidalgo

©Universidad Católica Luis Amigó
Transversal 51A N°. 67B-90
Medellín, Antioquia, Colombia
Tel: (574) 448 76 66.
Fondo Editorial Universidad Católica Luis Amigó
www.ucatolicaluissamigo.edu.co-fondo.editorial@amigo.edu.co

Lámpsakos

N°. 23, enero-junio de 2020

ISSN (En línea)

2145-4086

Rector

Pbro. Carlos Enrique Cardona Quiceno

Vicerrectora de Investigaciones

Isabel Cristina Puerta Lopera

Decano Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Ramiro Antonio Giraldo Escobar

Coordinadores de Programas

Ingeniería de Sistemas

Ramiro Antonio Giraldo Escobar

Ingeniería Civil

Daniel Rojas Rodríguez

Ingeniería Industrial

Lucy Ocampo

Arquitectura

Amilkar David Álvarez Cuadrado

Jefe Departamento de Fondo Editorial

Carolina Orrego Moscoso

Diseño y diagramación

Arbey David Zuluaga Yarce

Correctora de estilo

Leidy Andrea Ríos Restrepo

Traductores

Margarita Osorio y Dalia Barcos

Lámpsakos

Directora de la revista

Ingrid-Durley Torres Pardo, MSc.

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

Mariana Evangelina Cocóla, PhD

Universidad Tecnológica Nacional, Santa Fe, Argentina

Jaime Alberto Guzmán-Luna, PhD

Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Colombia

Gustavo Schweickardt, PhD

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Concepción, Argentina

Carlos Alberto Romero Piedrahita, PhD.

Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia

Gabriel Jaime Correa Henao, PhD.

China Harbour, Medellín, Colombia

Julián Alberto Patiño Murillo, PhD

Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia

Esdras Nahún Quintero PhD

Institución universitaria Salazar y Herrera, Medellín, Colombia

Oscar Julián Galeano Echeverri, Ms.C

Institución universitaria pascual Bravo, Medellín, Colombia

Felipe Arbeláez Salazar, MsC

Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Colombia

Jenny Cuatindioy Imbachi, MsC

Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Víctor Hugo Aristizabal Tique, MsC

Universidad Cooperativa de Colombia, Medellín, Colombia

Gabriel Jaime Posada Hernández, MsC

Universidad católica Luis Amigó, Medellín, Colombia

Mauricio López Bonilla, MsC

Universidad católica Luis Amigó, Medellín, Colombia

L'ampsaikos

Contacto editorial

Universidad Católica Luis Amigó

Dónde consultar la revista

<http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/index>

Envío de manuscritos

<http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/user/register>

Solicitud de canje

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

Correo electrónico

lampsakos@amigo.edu.co

Universidad Católica Luis Amigó
Transversal 51A # 67B-90
Medellín-Colombia
Teléfono: (574) 4607004

Lámpsakos - Acceso abierto

Órgano de divulgación de la Facultad de Ingenierías y Arquitectura de la Universidad Católica Luis Amigó.

Hecho en Colombia / Made in Colombia.

Financiación y publicación realizada por la Universidad Católica Luis Amigó. En ningún momento de la edición o difusión se hacen cobros a los autores para sufragar alguna de estas actividades; de tal manera que no recibe aportes económicos de personas naturales ni jurídicas.

Los principios éticos de esta revista se describen en sus políticas editoriales y, además, se adhieren a los procedimientos dictados por el Committee on Publication Ethics (COPE), que podrán ser consultados en www.publicationethics.org.

© 2020 Universidad Católica Luis Amigó

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



OPEN ACCESS

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.

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

La revista *Lámpsakos* es una publicación adscrita a 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 todas las disciplinas de la Ingeniería.

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 in all the disciplines of engineering

Lámpsakos

Índice general

Presentación

Presentation

Editorial

Investigación orientada a la innovación empresarial y al desarrollo tecnológico

Research oriented to business innovation and technological development

José Germán López Quintero

Artículos de investigación

Research papers

Propuesta de un algoritmo para la asignación dinámica de espectro en redes ópticas elásticas (EON)

Proposal of an algorithm for the dynamic spectrum allocation on elastic optical networks (EON)

Sebastián David Ossa Hernández, José Alejandro Vargas Gutiérrez, Gustavo Gómez Agredo

15

Análisis del desempeño de un algoritmo de ensamble mixto dinámico

Analysis of the performance of a dynamic mixed assembly algorithm

Neil Andrés Jiménez Pinzón, José Giovanni López Perafán

25

Programación de mantenimiento preventivo usando algoritmos genéticos

Preventive maintenance programming using genetic algorithms

Jaime Antero Arango Marín, Silvio León Rosero Otero, Mario Enrique Montoya Arias

37

Desarrollo de un aplicativo móvil y web que calcule la huella de carbono en el sector educativo y transporte

Development of a mobile and web application that calculates the carbon footprint in the education and transport sector

Jennifer Londoño Gallego, Sebastián Londoño Marín, Carlos López Romero, Juan David Vahos Montoya,

Luis Ángel Escobar Castrillón, Santiago Rendón Pareja

45

The hardy Croos method and its implementation in Spain

El método Hardy Cross y su implementación en España

Josep Maria Pons

56

Energy from biomass: alternative for the reduction of atmospheric emissions

Biomasa: alternativa energética para la reducción de emisiones atmosféricas

John Freddy Galvis Martínez, Luz Marina Torrado Gómez, María Fernanda Serrano Guzmán, Norma Cristina

Solarte Vanegas, Diego Darío Pérez Ruíz

70

Control de la temperatura en el interior del habitáculo de un vehículo

Temperature control inside the habitacle of a vehicle

Vicente Rojas-Reinoso, Jorge Néjer-Guerrero, Jhony Pancha-Ramos, Vicente Romero-Hidalgo

79

Presentación

Ingrid-Durley Torres Pardo

Estilo de citación de artículo:

I-D, Torres Pardo, Presentación, *Lámpsakos*, (23), pp. 6-7. (enero-junio, 2020). DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.3610>

El número 23 de Lámpsakos tiene valiosas contribuciones en diferentes áreas de la ingeniería. Desde la orientación de la editorial, en la que se expone la fina línea que existe entre la investigación generada desde la academia, como impulsor de la innovación en el sector productivo y el desarrollo tecnológico.

Desde el ámbito de la ingeniería electrónica y las telecomunicaciones, podemos hallar dos manuscritos. El primero [1] expone una propuesta para realizar la asignación dinámica de un espectro en una red OPS FlexGrid, mediante un algoritmo voraz, basado en el movimiento pendular, precisamente denominado “algoritmo pendular”. Este algoritmo es capaz de asignar las longitudes de onda sobre una red RSA (RSA (Routing and Spectrum Allocation)), los autores demuestran la versatilidad y ventajas frente a otras propuestas de la literatura, con algunos lineamientos de problemas abiertos, que pueden ser delineados desde el algoritmo péndulo. El segundo [2] artículo da cuenta del impacto que tiene la semilla generadora de tráfico junto con un algoritmo de ensamble de ráfagas sobre el desempeño de una red de conmutación óptica por ráfagas –OBS. Para tal efecto, los autores realizan un análisis del esquema funcional del algoritmo clásico, frente al propuesto, destacando en este último la aplicación de la lógica difusa, utilizan-

do la función de pertenencia triangular. Posteriormente, con la propuesta de una topología de red distribuida, se realiza un exhaustivo análisis del algoritmo de ensamble propuesto al variar la semilla, para finalizar en las comparaciones de evaluar el impacto del algoritmo propuesto con el algoritmo clásico.

Seguidamente dos artículos se referencian desde la ingeniería de sistemas e informática; el primero, está representado en una propuesta que expone una solución al problema de programación de mantenimientos preventivos [4], desde un modelo de optimización, el cual tiene como función objetivo minimizar el máximo tiempo semanal de mantenimiento, solucionado desde un novedoso algoritmo genético. Con este trabajo los autores demuestran que su propuesta resulta más equilibrada en costos computacionales, frente a otras propuestas.

El segundo manuscrito [5], consiste en una aplicación móvil, como herramienta TIC, que ayuda a determinar el índice de CO₂ (dióxido de carbono) que produce una actividad en específico, desde el sector empresarial. La aplicación móvil y plataforma web se desarrollaron con el framework ágil SCRUM, el cual, contiene sprints y actividades que se agruparon en 4 etapas.

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3610>

Los resultados permitieron tener un cálculo de las emisiones generadas de CO₂ siendo más relevante aun la oportunidad de compensarlas por medio de las buenas prácticas adoptadas mediante sistemas agroforestales con especies introducidas o nativas.

Desde la ingeniería civil se hallan dos valiosas contribuciones. La primera, presenta los procesos para aprovechamiento de biomasa y los beneficios ambientales del uso de este recurso energético que ha tenido auge en diferentes países [6]. Los autores resaltan en el desarrollo de su manuscrito, las comparaciones de emisión de Co₂, con varios sistemas actuales y la biomasa, incluyendo el nivel de consumo de agua; finalmente en su discusión admiten que, aunque la biomasa se puede obtener de diferentes formas y es viable su inclusión para la oferta energética, aún faltan lineamientos para un uso sostenible, citando en uno de sus apartados el caso colombiano.

La segunda contribución, la representa un nuevo enfoque de la teoría estructural [7], definido por el método Cross Hardy, como se ha denominado a menudo esta metodología de cálculo., dónde el autor, permite mostrar la relevancia del método Cross, así como su implementación temprana en España, mediante el uso de bibliografía docente de la época. El trabajo específicamente expone cómo se explicó el método en las instituciones de enseñanza técnica españolas, y cómo se utilizó la información en la bibliografía docente, para formar a los profesionales y técnicos del área.

Por último, en el ámbito de la ingeniería automotriz, se encuentra un manuscrito que analizan las variables que influyen en el gradiente térmico del habitáculo de los vehículos [8]. Para ello, se establecen los parámetros de los elementos a fin de determinar la función de transferencia del sistema, logrando mantener el control de temperatura en dicho espacio; El trabajo es valiosamente enriquecido con controladores operaciones, funciones matemáticas y ecuaciones que intentan estabilizar los susceptibles cambios de las temperaturas en el recinto cerrado del vehículo.

REFERENCIAS

- [1] G. López Quintero, "Investigación orientada a la innovación empresarial y al desarrollo tecnológico", *Lámpsakos*, (23), pp. 10-11. (enero-junio, 2020). DOI: 10.21501/21454086.3543
- [2] S. D. Ossa Hernández, J. A. Vargas Gutiérrez y G. Gómez Agredo, "Propuesta de un algoritmo para la asignación dinámica de espectro en redes ópticas elásticas (EON)", *Lámpsakos*, (23), pp. 15-24. (enero-junio, 2020). DOI: 10.21501/21454086.3145
- [3] N. Jiménez Pinzón y J. G. López Perafán, "Análisis del desempeño de un algoritmo de ensamble mixto dinámico", *Lámpsakos*, (23), pp. 25-36. (enero-junio, 2020). DOI: 10.21501/21454086.3204
- [4] M. E. Montoya Arias, J. A. Arango Marín, y S. León Rosero Otero, "Programación de mantenimiento preventivo usando algoritmos genéticos", *Lámpsakos*, (23), pp. 37-44. (enero-junio, 2020). DOI: 10.21501/21454086.3112
- [5] J. Londoño Gallego, S. Londoño Marin, C. López Romero, J. D. Vahos Montoya, L. A. Escobar Castrillón y S. Rendón Pareja, "Desarrollo de un aplicativo móvil y web que calcule la huella de carbono en el sector educativo y transporte". *Lámpsakos*, (23), pp. 45-55. (enero-junio, 2020). DOI: 10.21501/21454086.3302
- [6] J. F. Galvis Martínez, L. M. Torrado Gomez, M. F. Serrano Guzmán, N. C. Solarte Vanegas y D. D. Perez Ruíz, "Energy from biomass: alternative for the reduction of atmospheric emissions", *Lámpsakos*, (23), pp. 70-78. (enero-junio, 2019). DOI: 10.21501/21454086.3457
- [7] J. M. Pons, "The Hardy Croos method and its implementation in Spain", *Lámpsakos*, (23), pp. 56-69. (enero-junio, 2020). DOI: 10.21501/21454086.3402
- [8] V. Rojas Reinoso, J. Néjer-Guerrero, J. Pancha-Ramos, y V. Romero-Hidalgo, "Control de la temperatura en el interior del habitáculo de un vehículo", *Lámpsakos*, (23), pp. 79-91. (enero-junio, 2020). DOI: 10.21501/21454086.3462

Presentation

Ingrid-Durley Torres Pardo

Estilo de citación de artículo:

I-D, Torres Pardo, Presentation, *Lámpsakos*, (23), pp. 8-9. (enero-junio, 2020). DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.3610>

The 23rd edition of Lámpsakos journal has valuable contributions in different areas of engineering. From the publisher's direction, which exposes the fine line that exists between the research generated by the academy, as a driver of innovation in the productive sector and technological development.

From the field of electronic engineering and telecommunications, readers will find two manuscripts. The first one, presents a proposal to perform the dynamic assignment of a spectrum in an OPS Flex Grid network, by means of a voracious algorithm, based on the pendulum movement, precisely called "pendulum algorithm", it is capable of assigning wavelengths on a network RSA (Routing and Spectrum Allocation), the authors focus on demonstrating the versatility and advantages compared to other proposals in the literature, with some open problem guidelines, which can be delineated from the pendulum algorithm. The second article reports the impact that the traffic generating seed together with a burst assembly algorithm has on the performance of an optical burst switching network -OBS For this purpose, the authors carry out an analysis of the functional scheme of the classic algorithm, compared to the proposed one, highlighting in the

latter the application of fuzzy logic, using the triangular membership function. In the proposal of a distributed network topology, an exhaustive analysis of the proposed assembly algorithm is carried out by varying the seed, to end in the comparisons of evaluating the impact of the proposed algorithm with the classical algorithm.

Two articles are referenced from systems engineering and computer science; The first is represented in a proposal that presents a solution to the problem of scheduling preventive maintenance, from an optimization model, with the objective of minimizing the maximum weekly maintenance time, solved from a novel genetic algorithm. With this work the authors demonstrate that their proposal is more balanced in computational costs, compared to other proposals.

The second manuscript consists of a mobile application as an ICT tool, which helps determine the CO₂ (carbon dioxide) index produced by a specific activity, from the business sector. The mobile application and web platform were developed with the agile SCRUM framework, which contains sprints and activities that were grouped into 4 stages. The results allowed to have a calculation of the CO₂ emissions generated, being

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3610>

even more relevant the opportunity to compensate them by means of the good practices adopted by agroforestry systems with introduced or native species.

Two valuable contributions appear from civil engineering. The first presents the processes for biomass use and the environmental benefits of using this energy resource, which has been booming in different countries. The authors highlight, in the development of their manuscript, the comparisons of CO₂ emission with various current systems and biomass, including the level of water consumption; Finally, in their discussion they admit that, although biomass can be obtained in different ways and its inclusion for the energy supply is viable, guidelines for sustainable use are still lacking, citing in one of its sections the Colombian case.

The second contribution is represented by a new approach to structural theory, defined by the Cross-Hardy method, as this calculation methodology has been commonly called, in this the author shows the relevance of the Cross method, as well as its early implementation in Spain., through the use of teaching bibliography of the time. The work specifically presents how the method was explained in Spanish technical teaching institutions, and how the information in the teaching bibliography was used to train professionals and technicians in the area.

Finally, in the field of automotive engineering, the writers present a manuscript that analyzes the influencing variables in the thermal gradient of the vehicle interior. For this, the parameters of the elements are established in order to determine the transfer function of the system, so that temperature control is maintained in said space. The work is valuably enriched with operational drivers, math functions, and equations that attempt to stabilize the susceptible changes in temperatures in the vehicle's enclosure.

REFERENCES

- [1] G. López Quintero, "Investigación orientada a la innovación empresarial y al desarrollo tecnológico", *Lámpsakos*, (23), pp. 10-11. (enero-junio, 2020). DOI: 10.21501/21454086.3543
- [2] S. D. Ossa Hernández, J. A. Vargas Gutiérrez y G. Gómez Agredo, "Propuesta de un algoritmo para la asignación dinámica de espectro en redes ópticas elásticas (EON)", *Lámpsakos*, (23), pp. 15-24. (enero-junio, 2020). DOI: 10.21501/21454086.3145
- [3] N. Jiménez Pinzón y J. G. López Perafán, "Análisis del desempeño de un algoritmo de ensamble mixto dinámico", *Lámpsakos*, (23), pp. 25-36. (enero-junio, 2020). DOI: 10.21501/21454086.3204
- [4] M. E. Montoya Arias, J. A. Arango Marín, y S. León Rosero Otero, "Programación de mantenimiento preventivo usando algoritmos genéticos", *Lámpsakos*, (23), pp. 37-44. (enero-junio, 2020). doi: 10.21501/21454086.3112
- [5] J. Londoño Gallego, S. Londoño Marin, C. López Romero, J. D. Vahos Montoya, L. A. Escobar Castrillón y S. Rendón Pareja, "Desarrollo de un aplicativo móvil y web que calcule la huella de carbono en el sector educativo y transporte". *Lámpsakos*, (23), pp. 45-55. (enero-junio, 2020). DOI: 10.21501/21454086.3302
- [6] J. F. Galvis Martínez, L. M. Torrado Gomez, M. F. Serrano Guzmán, N. C. Solarte Vanegas y D. D. Perez Ruíz, "Energy from biomass: alternative for the reduction of atmospheric emissions", *Lámpsakos*, (23), pp. 70-78. (enero-junio, 2019). DOI: 10.21501/21454086.3457
- [7] J. M. Pons, "The Hardy Croos method and its implementation in Spain", *Lámpsakos*, (23), pp. 56-69. (enero-junio, 2020). DOI: 10.21501/21454086.3402
- [8] V. Rojas Reinoso, J. Néjer-Guerrero, J. Pancha-Ramos, y V. Romero-Hidalgo, "Control de la temperatura en el interior del habitáculo de un vehículo", *Lámpsakos*, (23), pp. 79-91. (enero-junio, 2020). DOI: 10.21501/21454086.3462

Editorial

Investigación orientada a la innovación empresarial y al desarrollo tecnológico

José Germán López Quintero*

(Recibido el 21-11-2019, Aprobado el 03-02-2020)

Estilo de Citación de Artículo:

J. G. López Quintero, "Investigación orientada a la innovación empresarial y el desarrollo tecnológico", *Lámpsakos*, (23), pp. 10-11. (enero-junio, 2019).
DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.3543>

En este siglo, la investigación es reconocida como valor transformacional del sector productivo. En dicho contexto, es posible entender el rol que juega la investigación como elemento constituido primordial, para la innovación de productos, procesos y servicios destinados a empresas ya establecidas e incluso a proponer nuevos negocios de base tecnológica, además de ser reconocida como un elemento clave para solucionar problemas dentro de la sociedad.

La universidad y el sector productivo son clientes el uno del otro. Los estudiantes formados como profesionales en las aulas mater de las universidades, pasan a ser contratados en el sector productivo; a su vez, la investigación realizada por las universidades, apoyada, algunas veces, por el sector empresarial, proporciona nuevos insumos, para la generación de diferentes procesos y el lanzamiento de nuevos productos. Paralelamente, la universidad, cada vez más se está atreviendo a vincular en sus esferas administrativas y académicas a ejecutivos del sector productivo. En el contexto actual, se ha hasta acuñado la noción "la Universidad como Empresa". Hoy día, se constituyen Universidades

que han sido creadas bajo la demanda específica de las necesidades del sector productivo, con currículos y enfoques, tanto para pregrados y posgrados.

Los resultados innovadores producto de la investigación han consolidado una gama amplia de nuevos bienes y servicios que serán apropiados por la sociedad mundial. Además, las innovaciones contribuyen a incrementar el PIB, de manera directamente exponencial, a mayores innovaciones tecnológicas en la industria, mejor PIB para el país. "La gestión de la innovación, presenta como principales antecedentes el interés por la gestión de la investigación y el desarrollo (I+D), con los cuales se pretende optimizar el uso de los recursos para producir conocimientos" [1].

Al cabo de varios años se definió el concepto específico de Gestión de la Innovación como: "La organización y dirección de los recursos, tanto humanos como económicos, con el fin de aumentar la creación de nuevos conocimientos, la generación de ideas y técnicas que permitan obtener nuevos productos, procesos o servicios o mejorar los ya existentes y la transferencia de

* Ingeniero electricista. Profesor titular, director Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Pereira. Contacto: jglq2012@utp.edu.co

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3543>

esas mismas ideas a las fases de fabricación, distribución y uso, respondiendo a las necesidades del cliente y del mercado” [3].

Luego de la aparición del concepto de innovación y gestión de la innovación se generó, posteriormente, la especificación de la gestión de la tecnología y su inserción en la planeación estratégica empresarial. Luego de un tiempo, en la década de los noventa nace la gestión de conocimiento, como “Un proceso sistemático e integrador de coordinación de las actividades de adquisición, creación, almacenaje y difusión del conocimiento por individuos y grupos con objeto de conseguir los objetivos de la organización”.

Para Peter Drucker [2] “la innovación es el medio con el cual pueden explotar el cambio como una oportunidad de mejora alternativa”. Echavarría, por su parte cita [3]: “La innovación como la introducción de un nuevo o significativamente mejorado producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo en las practicas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores”.

En la era del conocimiento no hace falta abandonar las buenas prácticas de la era industrial y la era agrícola, se trata es de conservar actualizadas dichas prácticas, sin embargo, la gestión de los recursos es diferente, “ya no basta con producir un mismo artículo indefinidamente y esperar a ser los únicos en el mercado. La velocidad es otra característica de esta época. Las empresas que aprenden más rápidamente son las que prosperan, las más innovadoras y las que más productos generan. Esta era es intensiva en conocimiento, pero los factores de capital, trabajo y tierra mantienen un estado cercano al de la era industrial, puesto que no se puede olvidar a hacer lo que se hace bien, solo que hay que aprender a hacer cosas nuevas y que generen valor en la organización” [4].

Así entonces, se hace obligada la articulación de la Universidad, para que se apropie de los problemas de la Sociedad, dedicando toda su energía pedagógica e investigativa, a la superación del saber por el saber

como fin, para considerarlo como un medio y su sustitución por el saber pensar y el saber hacer. Lo que significa, que, en la versatilidad de este cambiante mundo, la Universidad debe enseñar a pensar, enseñar a hacer, enseñar a reaccionar y enseñar a resolver los problemas de una Sociedad aturdida ante tales permutaciones.

Así las cosas, la enseñanza y/o la investigación, propiamente dichas, no se constituyen un fin, sino el medio que reporta un compromiso social para producir riqueza y empleo, porque, si no somos los privilegiados universitarios —elegidos teóricamente entre los mejores y a los que la Sociedad dedica grandes recursos, privándose durante muchos años del coste de oportunidad laboral—, los protagonistas que aportemos respuestas a los retos actuales de la región y el país, ¿quién lo va a hacer?

REFERENCIAS

- [1] P. Escobar, Centro regional de producción más Limpia, eje Cafetero. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales, 2018. Disponible en: <http://www.produccionmaslimpia.org/>
- [2] P. F. Drucker, “La disciplina de la innovación”, Harvard Business School Publishing Corporation, 1985. Disponible en: <http://www.sela.org/media/3212238/r-la-disciplina-de-la-innovacion.pdf>
- [3] J. Echavarría, Manual de Oslo y la Innovación Social. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, vol. 184, no. 732, pp. 609-618, 2008. Doi: <https://doi.org/10.3989/arbor.2008.i732.210>
- [4] Reflexiones sobre investigación e Innovación, [En línea]. Disponible en: <http://www.produccionmaslimpia.org/documentos/memorias/PLYCS/JOSE/REFLEXIONES%20SOBRE%20INVESTIGACION%20E%20INNOVACION.pdf>

Editorial

Research oriented to business innovation and technological development

José Germán López Quintero*

(Recibido el 21-11-2019, Aprobado el 03-02-2020)

Estilo de Citación de Artículo:

J. G. López Quintero, "Research oriented to business innovation and technological development", *Lámpsakos*, (23), pp. 12-13. (enero-junio, 2019).
DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.3543>

In this century, research is recognized as a transformational value of the productive sector. In this context, it is possible to understand the role that research plays as a fundamental constituent element, for the innovation of products, processes and services for established companies and even to propose new technology-based businesses, in addition to being recognized as a key element to solve problems within society.

The university and the productive sector are clients of each other.

The students trained as professionals in the mater classrooms of the universities, go on to be hired in the productive sector; In turn, the research carried out by the universities, sometimes supported by the business sector, provides new inputs for the generation of different processes and the launch of new products. At the same time, the university is increasingly daring to link executives from the productive sector in its administrative and academic spheres. In the current context, the notion "the University as a Company" has

even been coined. Today, Universities are constituted that have been created under the specific demand of the needs of the productive sector, with curricula and approaches, both for undergraduate and graduate students.

The innovative results of the research have consolidated a wide range of new goods and services that will be appropriated by world society. In addition, innovations contribute to increase GDP, in a directly exponential way, to greater technological innovations in the industry, better GDP for the country. "The management of innovation, presents as its main background the interest in the management of research and development (R&D), which aims to optimize the use of resources to produce knowledge" [1].

After several years, the specific concept of Innovation Management was defined as: "The organization and management of resources, both human and financial, in order to increase the creation of new knowledge, the generation of ideas and techniques that allow obtain new products, processes or services or improve

* Ingeniero electricista. Profesor titular, director Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Pereira. Contacto: jglq2012@utp.edu.co

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3543>

existing ones and transfer those same ideas to the manufacturing, distribution and use phases, responding to customer and market needs.”

After the appearance of the concept of innovation and innovation management, the specification of technology management and its insertion in strategic business planning was subsequently generated. After a time, in the nineties, knowledge management was born, as “A systematic and integrative process of coordination of the activities of acquisition, creation, storage and dissemination of knowledge by individuals and groups in order to achieve the objectives of the organization”.

For Peter Drucker [2] “innovation is the means by which they can exploit change as an opportunity for alternative improvement”. Echavarría, for his part, quotes [3]: “Innovation as the introduction of a new or significantly improved product (good or service), of a process, of a new marketing method or of a new organizational method in the internal practices of the company, the organization of the workplace or foreign relations”.

In the knowledge era it is not necessary to abandon the good practices of the industrial era and the agricultural era, it is to keep these practices updated, however, the management of resources is different, “it is no longer enough to produce the same article indefinitely and expect to be the only ones on the market. Speed is another characteristic of this time. The companies that learn the fastest are the ones that prosper, the most innovative and the ones that produce the most products. This era is intensive in knowledge, but the factors of capital, labor and land maintain a state close to that of the industrial era, since one cannot forget to do what is done well, only that one must learn to do new things and that generate value in the organization” [4].

Thus, the articulation of the University is forced, so that it appropriates the problems of the Society, dedicating all its pedagogical and investigative energy, to the overcoming of knowledge by knowledge as an end, to consider it as a means and its replacement for knowing how to think and knowing how to do. Which

means, that, in the versatility of this changing world, the University must teach to think, teach to do, teach to react and teach to solve the problems of a stunned Society before such permutations.

Thus, things, teaching and / or research, strictly speaking, do not constitute an end, but the means that report a social commitment to produce wealth and employment, because, if we are not the privileged university students—theoretically chosen among the best already those who the Society dedicates great resources, depriving themselves for many years of the cost of labor opportunity—, the protagonists who provide answers to the current challenges of the region and the country, who is going to do it?

REFERENCES

- [1] P. Escobar, Centro regional de producción más Limpia, eje Cafetero. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales, viernes 13 de julio de 2018, URL: <http://www.produccion-maslimpia.org/>
- [2] P. F. Drucker, “La disciplina de la innovación”, Harvard Business School Publishing Corporation, 1985. Disponible en: <http://www.sela.org/media/3212238/r-la-disciplina-de-la-innovacion.pdf>
- [3] J. Echavarría, Manual de Oslo y la Innovación Social. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, vol. 184, no. 732, pp. 609-618, 2008. doi: <https://doi.org/10.3989/arbor.2008.i732.210>
- [4] Reflexiones sobre investigación e Innovación, [En línea]. Disponible en: <http://www.produccionmaslimpia.org/documentos/memorias/PLYCS/JOSE/REFLEXIONES%20SOBRE%20INVESTIGACION%20E%20INNOVACION.pdf>

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

RESEARCH ARTICLE

Propuesta de un algoritmo para la asignación dinámica de espectro en redes ópticas elásticas (EON)

Proposal of an algorithm for the dynamic spectrum allocation on elastic optical networks (EON)

Sebastián David Ossa Hernández*
José Alejandro Vargas Gutiérrez**
Gustavo Gómez***

(Recibido el 26-11-2019. Aprobado el 17-01-2020)

Estilo de citación de artículo:

S. D. Ossa Hernández, J. A. Vargas Gutiérrez, y G. Gómez, "Propuesta de un algoritmo para la asignación dinámica de espectro en redes ópticas elásticas (EON)", *Lámpsakos*, (23), pp. 15-24. (enero-junio, 2020). DOI: 10.21501/21454086.3145

Resumen

Este artículo trata sobre el desarrollo e implementación de una nueva propuesta para realizar la asignación dinámica de espectro en una red OPS FlexGrid, mediante un algoritmo voraz basado en el movimiento pendular. Este algoritmo fue implementado en una red con rejillas de ocho y dieciséis slots y también fue comparado con el algoritmo LAUC – VF adaptado a redes RSA, arrojando resultados satisfactorios relacionados con los parámetros de medición, tales como, la probabilidad de bloqueo de la red y el retardo de extremo a extremo. El desarrollo de esta propuesta proporciona una nueva alternativa para la gestión de las redes ópticas elásticas (EON) con asignación de espectro fija en el tiempo.

Palabras clave: Algoritmo; cognitividad; EON; FlexGrid; metaheurísticas; NSFNeT; OPS; redes elásticas; RSA; WDM.

Abstract

This article deals with the development and implementation of a new proposal to perform dynamic spectrum allocation in an OPS Flex Grid network, using a voracious algorithm based on pendulum motion. This algorithm was implemented in a network with grids of eight and sixteen slots and was also compared with the LAUC-VF algorithm adapted to RSA networks, yielding satisfactory results related to the measurement parameters, such as the probability of blocking the network and the end-to-end delay. The development of this proposal provides a new alternative for the management of Elastic Optical Networks (EON) with fixed spectrum allocation over time.

Keywords: Algorithm; cognitive; elastic networks; EON; FlexGrid; metaheuristics; NSFNeT; OPS; RSA; WDM.

* Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca. Integrante del grupo de investigación Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones – GNTT, Popayán-Colombia. Contacto: sebastianossa@unicauca.edu.co

** Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca. Integrante del grupo de investigación: Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones – GNTT, Popayán-Colombia. Contacto: vgjose@unicauca.edu.co

*** MsC. Electrónicas y telecomunicaciones, Universidad del Cauca. Integrante del grupo de investigación Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones – GNTT, Popayán-Colombia. Contacto: gtgomez@unicauca.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

La asignación de espectro es un proceso clave en cualquier OTN (Optical Transport Network) para garantizar la calidad del servicio o QoS (Quality of Service), pues de esta depende que los servicios ofrecidos en la red dispongan de los recursos necesarios para viajar a través de ella [1]. Tanto en redes convencionales como en las nuevas redes flexibles bajo RSA (Routing and Spectrum Allocation) es necesario disponer de algoritmos capaces de asignar las longitudes de onda sobre las que viajará la información, siendo este un campo de investigación bastante importante y prometedor [2]. En este documento presentamos el diseño y aplicación de un algoritmo para la asignación de espectro de forma dinámica en una red RSA con ocho o dieciséis slots de ancho de banda y con tasas de datos de bits variables.

Se ha partido con la implementación del modelo de red NSFNet con tecnología OPS (Optical Packet Switching) en la herramienta de simulación de redes OMNeT++ [3]. Las metaheurísticas para la solución de problemas de optimización han sido aplicadas para el diseño del algoritmo propuesto, el cual ha sido llamado “algoritmo de péndulo” y su funcionamiento ha sido puesto a prueba sobre la red mencionada y comparado con el desempeño del algoritmo de asignación de espectro LAUC – VF (Latest Available Unscheduled Channel – Void Filling) adaptado a redes RSA, de manera que se evalúa el comportamiento a nivel de probabilidad de bloqueo y retardo de extremo a extremo, como se podrá observar a lo largo del artículo.

Diseño de la red y el algoritmo

Diseño de la red

La red NSFNet (National Science Foundation Network) es una red WAN (Wide Area Network) utilizada ampliamente para el estudio e investigación en el campo de las telecomunicaciones, esta se distribuye a lo largo de catorce ciudades de Estados Unidos mediante una topología de red irregular [4].

El IDE OMNeT++ fue utilizado para el modelado y caracterización de la red, permitiendo la implementación de los algoritmos y su posterior análisis. El desarrollo de los nodos de la red fue realizado mediante la implementación de un sistema de módulos funcionales que contienen las instrucciones necesarias para la operación de la red y la descripción virtual de los respectivos elementos que la conforman. En la Fig. 1 puede observarse la red NSFNet implementada en OMNeT++.

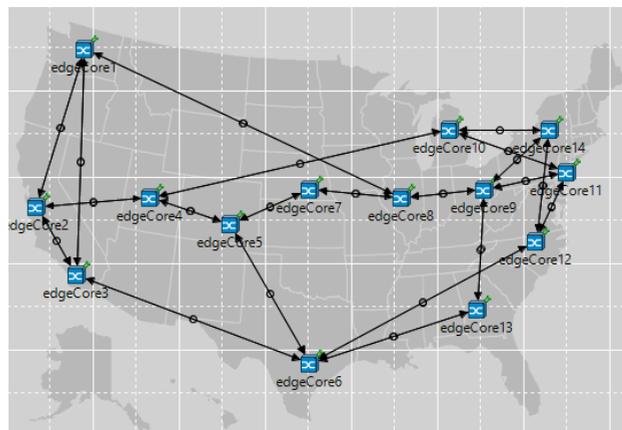


Fig. 1. Red NSFNet implementada en OMNeT++.

Redes elásticas

Las redes de fibra óptica convencionales, caracterizadas por usar típicamente tecnología CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) o DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) son “rígidas” en cuanto a su funcionamiento, pues su operación es estática en el tiempo, manteniendo siempre su configuración inicial, incapaces de adaptarse a los nuevos requerimientos de la red [5], [6], por lo que las redes elásticas o flexibles (FlexGrid) se perfilan como una alternativa interesante y prometedora para solucionar problemas como el uso eficiente del espectro del que dispone la red [7], [8]. Por ejemplo, en una red WDM (Wavelength Division Multiplexing), los canales disponen de un ancho de banda fijo invariante en el tiempo, el cual es aprovechado en su totalidad por los servicios entrantes, aun cuando estos

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3145>

ocupen solo una porción de todo el ancho de banda disponible, lo que supone un desperdicio de recursos que bien podrían emplearse para enviar más información en el mismo instante de tiempo. Las redes ópticas elásticas buscan evitar el desperdicio de recursos adaptando dinámicamente las características de la red al estado de uso de esta en cada instante, por lo que si, por ejemplo, un servicio solicita recursos para ser transmitido, le sea asignada la cantidad de ancho de banda real que demanda y no todo el espectro del que dispone el canal, lo que supone un ahorro real del espectro óptico.

RSA busca solucionar el problema de enrutamiento de paquetes a lo largo de la red y, al mismo tiempo, pretende realizar la asignación de espectro para el paquete en cuestión. Esto puede hacerse de dos formas, la primera y más compleja es RSA de una etapa, en la que los dos problemas se solucionan de manera simultánea, lo que implica mayor gasto computacional; la segunda es RSA de dos etapas, en la que el problema es reducido a dos problemas: R+SA, de esta forma, el enrutamiento y la asignación de espectro se calculan de forma independiente el uno del otro, lo que si bien aumenta el tiempo de cálculo, disminuye la complejidad computacional. Este segundo método ha sido el elegido para el desarrollo de este trabajo de investigación.

RSA opera sobre una red que dispone de una rejilla o grilla espectral que es una concatenación de slots o porciones de espectro sobre los cuales viaja la información [9]. Típicamente, las redes cuentan con rejillas de cuatro, ocho o dieciséis slots de ancho de banda. Cada uno de estos slots tiene dos características principales que lo identifican: la frecuencia central y su ancho de banda. El ancho de banda de cada slot es de 12,5 GHz y está dividido en dos slices de 6,25 GHz y ubicado en las frecuencias que indica [10]. En la Fig. 2 se observa la grilla espectral.

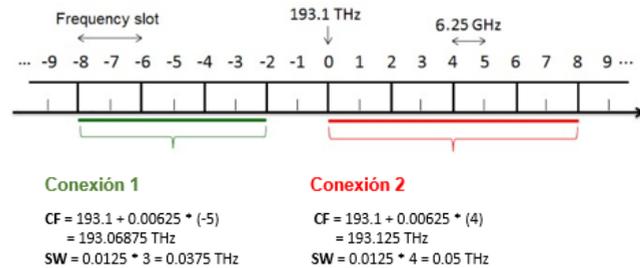


Fig. 2. Ejemplo de grilla espectral RSA.

En este trabajo de investigación el enrutamiento de los paquetes se realiza mediante la aplicación del algoritmo del camino más corto [11], también conocido como algoritmo Dijkstra, en el que mediante un grafo de red se calcula la ruta más corta entre el origen A y el destino B, proporcionando así el camino para el envío de la información.

Una vez se dispone de la ruta que seguirá el paquete, se hace uso de un algoritmo de asignación de espectro para la solución del problema SA, en este caso y como ya se mencionó, los algoritmos LAUC – VF adaptado a RSA y el algoritmo del péndulo se encargarán de esta labor.

Algoritmo LAUC-VF

El algoritmo LAUC implementado inicialmente para redes WDM ha sido adaptado para realizar la asignación de espectro en redes FlexGrid. Este algoritmo se basa en la implementación del vector Horizon, el cual contiene los tiempos en los que cada slot de la red estará disponible. Así pues, cuando un servicio solicita recursos para ser transmitido, el algoritmo consulta el vector Horizon y asigna aquellos slots que cumplan el requerimiento espectral y se encuentren más próximos a ser desocupados, evitando de esta manera la fragmentación del espectro.

El algoritmo LAUC es ampliamente utilizado gracias a su relativa baja complejidad y buena eficiencia, por lo que es un buen punto de comparación para evaluar

el comportamiento del algoritmo péndulo. A continuación, en Fig 3, se muestra el pseudocódigo del algoritmo LAUC.

```

LAUC (packetSlots, wl)
n = numSlots
s = packetSlots
si no hay slots disponibles hacer
  descartar paquete
de otra forma, hacer
  si  $wl \geq n - s$  hacer
     $wl = s - 1$ 
  de otra forma, hacer
     $wl = \min + s$ 
retornar wl

```

Fig. 3. Ejemplo de algoritmo LAUC

Algoritmo péndulo

El algoritmo péndulo busca realizar una asignación de espectro al hacer un barrido en forma pendular sobre la grilla espectral, de modo que parte de un extremo de la grilla, para posteriormente pasar al otro extremo. Después de cada iteración, el algoritmo reduce su movimiento, y logra examinar los slots más centrales de la grilla, de ahí que recibe su nombre.

Diferentes metaheurísticas fueron revisadas para lograr el desarrollo del algoritmo, para finalmente dar con aquella que mejor se adecuaba al problema en cuestión, por lo que el algoritmo puede clasificarse dentro de la metaheurística de algoritmos voraces [12], [13], pues recibe un conjunto finito de elementos y retorna un conjunto de aquellos que pueden considerarse como una solución al problema. De esta manera son retornados aquellos slots que cumplen las condiciones de ancho de banda solicitadas por el servicio a transmitir.

Una característica de este algoritmo es que cumple con tres de las tareas del ciclo cognitivo propuesto en [14] y [15]. Este ciclo puede observarse en la Fig. 4, y se compone de seis tareas o fases: observación, orientación, decisión, planeación, acción y aprendizaje.

[4] y [16], un algoritmo puede denominarse cognitivo si cumple con al menos las etapas de observación y acción del ciclo cognitivo. Dado que el algoritmo del péndulo realiza un recorrido de la rejilla espectral en busca de slots disponibles, puede decirse que cumple con la tarea de observación. Posteriormente, el algoritmo analiza si los slots encontrados cumplen con los requisitos de ancho de banda demandados por el servicio o información a transmitir, lo que corresponde a la fase de análisis del ciclo. Finalmente, una vez se han determinado cuáles de los slots resultan adecuados para el envío de la información, se realiza la asignación de estos al servicio a servir, cumpliendo así con la fase de acción del ciclo. Por lo que el algoritmo del péndulo encaja en la categoría de algoritmos cognitivos.

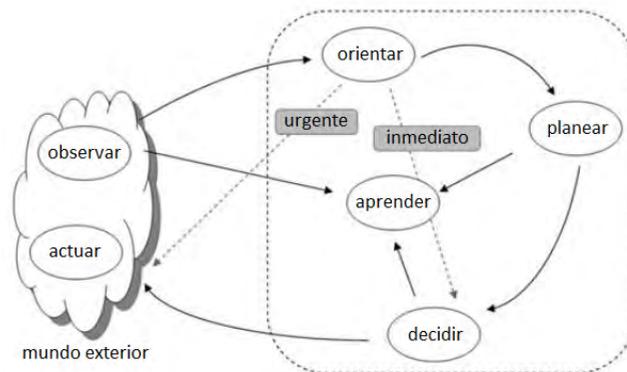


Fig. 4. Ciclo cognitivo [14].

El diseño inspirado en la naturaleza del movimiento pendular permite al algoritmo recorrer la rejilla espectral de forma tal que realiza una inspección minuciosa del espectro disponible en la red, buscando slots a lo largo de toda la rejilla y evaluando cada conjunto posible de tamaño S , donde S es la cantidad de ancho de banda ocupada por el servicio o información a transmitir.

El algoritmo evalúa en cada iteración los posibles conjuntos de tamaño S contenidos dentro de la rejilla, exceptuando cada vez aquellos conjuntos ya revisados y desplazando la revisión hacia al centro de la rejilla un slot a la vez, lo que garantiza la exploración de toda la grilla, la cual finaliza una vez se encuentra los recursos necesarios para la transmisión de la información.

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3145>

La Fig. 5 muestra un ejemplo de cómo opera el algoritmo péndulo para atender un servicio que ocupa dos slots de ancho de banda, sobre una rejilla de ocho slots en total.

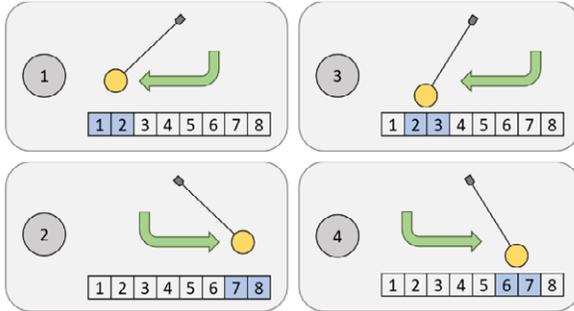


Fig. 5. Ejemplo de funcionamiento del algoritmo péndulo.

A continuación, en Fig. 6, se muestra el pseudocódigo correspondiente al algoritmo del péndulo.

```

PÉNDULO (packetSlots, slotsDisponibles[numSlots])
wl = 0
n = numSlots
s = packetSlots
si no hay slots disponibles hacer
    descartar paquete
de otra forma, hacer
    si s = 1 hacer
        para i = 0; i < n/2; i++ hacer
            si slotsDisponibles[i] = 0 hacer
                slotsDisponibles[i] = 1
                wl = i
                retornar wl
            de otra forma, si slotsDisponibles[n-1-i] = 0 hacer
                slotsDisponibles[n-1-i] = 1
                wl = n-1-i
                retornar wl
        si s = 2 hacer
            para i = 0; i < n/2; i++ hacer
                si slotsDisponibles[i] = 0 y slotsDisponibles[i+1] = 0 hacer
                    slotsDisponibles[i] = 1
                    slotsDisponibles[i+1] = 1
                    wl = i+1
                    retornar wl
                de otra forma, si slotsDisponibles[n-1-i] = 0 y slotsDisponibles[n-2-i] hacer
                    slotsDisponibles[n-1-i] = 1
                    slotsDisponibles[n-2-i] = 1
                    wl = n-2-i
                    retornar wl
        si s = 3 hacer
            para i = 0; i < n/2; i++ hacer
                si slotsDisponibles[i] = 0 y slotsDisponibles[i+1] = 0 y slotsDisponibles[i+2] = 0 hacer
                    slotsDisponibles[i] = 1
                    slotsDisponibles[i+1] = 1
                    slotsDisponibles[i+2] = 1
                    wl = i+2
                    retornar wl
                de otra forma, si slotsDisponibles[n-1-i] = 0 y slotsDisponibles[n-2-i] y slotsDisponibles[n-3-i] hacer
                    slotsDisponibles[n-1-i] = 1
                    slotsDisponibles[n-2-i] = 1
                    slotsDisponibles[n-3-i] = 1
                    wl = n-3-i
                    retornar wl
    
```

Fig. 6. Ejemplo algoritmo péndulo

La complejidad computacional del algoritmo es mayor que la del algoritmo LAUC, pero es gracias a esto que es capaz de realizar una mejor asignación del espectro.

Escenario de simulación

Se han implementado diferentes configuraciones en la red NSFNet con el fin de evaluar el comportamiento del algoritmo péndulo al compararlo con el algoritmo LAUC bajo diferentes condiciones de red. La red ha sido diseñada de forma tal que haga uso de la tecnología OPS para el envío de información.

Las fuentes generadoras de datos dispuestas en cada uno de los nodos de la red son capaces de generar paquetes de diferente tamaño y de forma aleatoria, siguiendo una distribución exponencial, los cuales pueden ser vistos como abstracciones de diferentes servicios, tales como datos, audio y video, pasando por paquetes que ocupan uno, dos y tres slots de ancho de banda, de forma tal que la red deberá proporcionar recursos para atender paquetes de tamaño variable y generados aleatoriamente en el tiempo.

La frecuencia de generación de los paquetes puede ser modificada, lo que permite modelar diferentes densidades de tráfico, y poder así observar el comportamiento del algoritmo para cargas de tráfico muy bajas, bajas, medias, altas y muy altas.

La red ha sido dispuesta de forma tal que la velocidad de datos puede ser de 1,25 o 2,5 Gbps y el tamaño de la rejilla espectral fue de ocho y dieciséis slots, lo que permite evaluar el desempeño del algoritmo en redes con media o alta disponibilidad de espectro. Los casos de simulación pueden verse condensados en la Tabla I.

Tabla I. Casos de simulación

Escenarios de simulación							
Topología de red NSFNet – Red Distribuida							
Casos de simulación							
Caso 1				Caso 2			
Red NSFNet RSA distribuida, implementando el algoritmo LAUC				Red NSFNet RSA distribuida, implementando el algoritmo péndulo			
Sub casos de simulación							
Sub caso 1		Sub caso 2		Sub caso 1		Sub caso 2	
8 slots disponibles		16 slots disponibles		8 slots disponibles		16 slots disponibles	
Casos de tercer nivel		Casos de tercer nivel		Casos de tercer nivel		Casos de tercer nivel	
Caso a	Caso b	Caso a	Caso b	Caso a	Caso b	Caso a	Caso b
1,25 Gbps	2,5 Gbps	1,25 Gbps	2,5 Gbps	1,25 Gbps	2,5 Gbps	1,25 Gbps	2,5 Gbps

2. EJECUCIÓN DE LAS SIMULACIONES

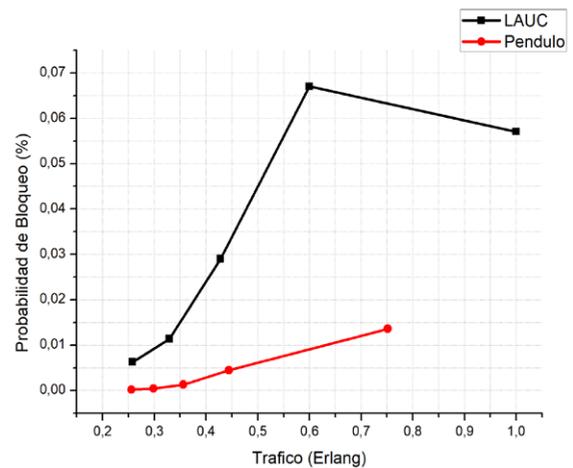
Las simulaciones realizadas en el IDE OMNeT++ arrojaron los siguientes resultados de probabilidad de bloqueo. Un resumen de los parámetros de simulación es mostrado en la Tabla II.

Tabla II. Resumen de los parámetros de simulación

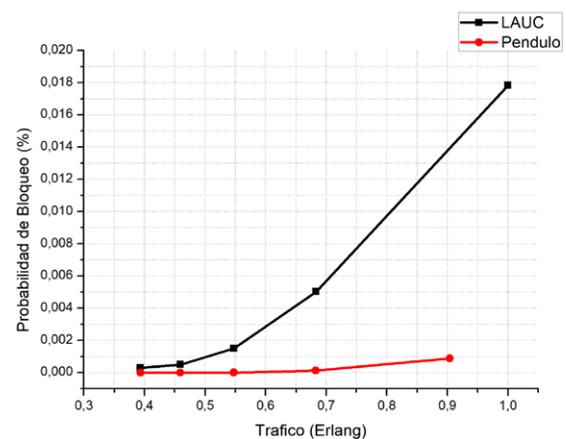
Parámetro	NSFNet con LAUC	NSFNet con péndulo
Algoritmo de enrutamiento	Dijkstra	Dijkstra
Numero de slots	8–16	8–16
Tiempo de simulación	80 ms	80 ms
Tasa de bits	1,25 Gbps – 2.5 Gbps	1,25 Gbps – 2.5 Gbps
Algoritmo de asignación de espectro	LAUC adaptado	Péndulo

Análisis de la probabilidad de bloqueo

La probabilidad de bloqueo (P_b) es la relación entre la cantidad de paquetes generados por las fuentes de datos y la cantidad de paquetes que se perdieron sin importar el motivo y que nunca alcanzaron su destino. A continuación, se muestran los resultados obtenidos para los casos de simulación expuestos en la Tabla I.

Fig. 7. P_b , red NSFNet con 8 slots, 1.25 Gbps.

En la Fig. 7 se observa que para cantidades intermedias de tráfico (0.4 – 0.7 erlangs) el comportamiento del algoritmo péndulo es mejor que el LAUC, comportándose de manera más estable y sin presentar pendientes elevadas que lo conduzcan a mayores probabilidades de bloqueo, como si lo hace el LAUC. Mientras que la probabilidad de bloqueo máxima del péndulo es de alrededor de 0.015%, la P_b del LAUC llega hasta cerca de 0.067%.

Fig. 8. P_b , red NSFNet con 8 slots, 2.5 Gbps.

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3145>

En la Fig. 8 se observa que el algoritmo péndulo es capaz de mantener una tasa de Pb de cero por ciento para valores inferiores de 0.5 erlangs y aumenta solo hasta cerca del 0.005% para tráfico muy alto, mientras que el algoritmo LAUC presenta valores mucho mayores, alcanzando pérdidas de hasta 0.018%.

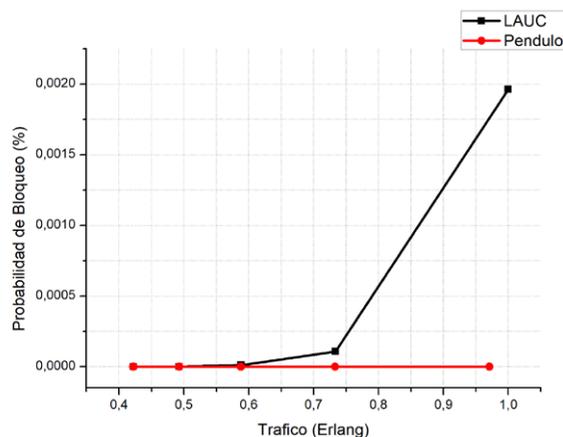


Fig. 9. Pb, red NSFNet con 16 slots, 1.25 Gbps.

En la Fig. 9 se observa que el algoritmo péndulo presenta un comportamiento ideal en el que para cualquier carga de tráfico mantiene una probabilidad de bloqueo de 0.00% mientras que el algoritmo LAUC, después de 0.6 erlangs empieza a presentar una Pb que está cerca del 0.002%.

Se observa en la Fig. 10 que el aumento de la cantidad de slots disponibles y la tasa de velocidad de 2.5 Gbps permite que el comportamiento de ambos algoritmos sea ideal, puesto que disponen de un gran ancho de banda y de una rápida liberación de los recursos, permitiendo que ningún paquete sea desechado. Para este caso, el uso de uno u otro algoritmo es indiferente, dado que sin importar el volumen de tráfico en la red, ambos algoritmos van a garantizar que todos los paquetes de información dispongan de recursos suficientes para ser transmitidos.

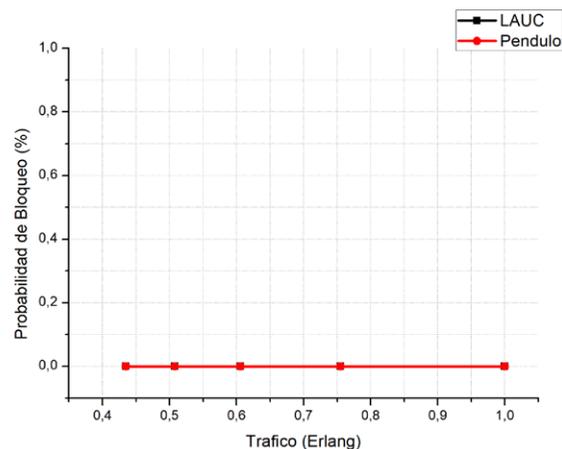


Fig. 10. Pb, red NSFNet con 16 slots, 2.5 Gbps.

Análisis del retardo de extremo a extremo

El retardo de extremo a extremo (EED) es un valor que mide el tiempo desde que un paquete es generado en la fuente de datos hasta que es entregado a su destinatario. A continuación, se muestran los resultados obtenidos para los casos de simulación expuestos en la Tabla 1.

En la Fig. 11 se observa que ambas gráficas parten de un valor mínimo de retardo que está dado por las características inherentes a toda red de datos, como por ejemplo, el tiempo que le toma a un paquete recorrer los enlaces entre nodos y los tiempos de procesamiento y establecimiento de los dispositivos de red. Puede verse que el retardo de los paquetes es menor cuando se usa el algoritmo péndulo, manteniéndose en el valor mínimo posible hasta cerca de los 4.5 erlangs de tráfico y alcanzando los 5.5 ms de retardo para una cantidad elevada de tráfico

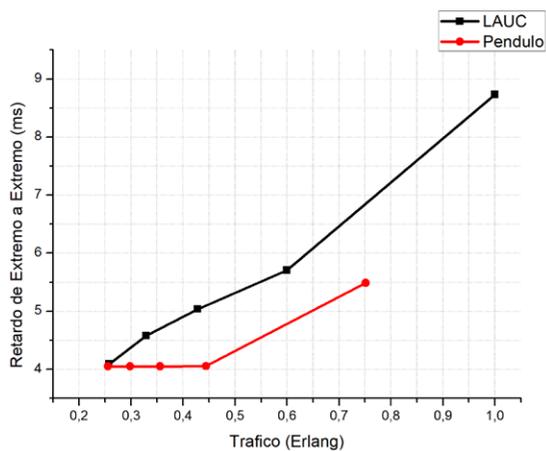


Fig. 11. EED, red NSFNet con 8 slots, 1.25 Gbps.

Se observa en la Fig. 12 que para una red con 8 slots de ancho de banda y una velocidad de 2.5 Gbps el retardo generado por el algoritmo péndulo es el mínimo posible, mientras que el algoritmo LAUC llega a presentar un retardo de cerca de 4.55 ms, aunque, para valores medios de tráfico, el comportamiento de ambos algoritmos es prácticamente el mismo.

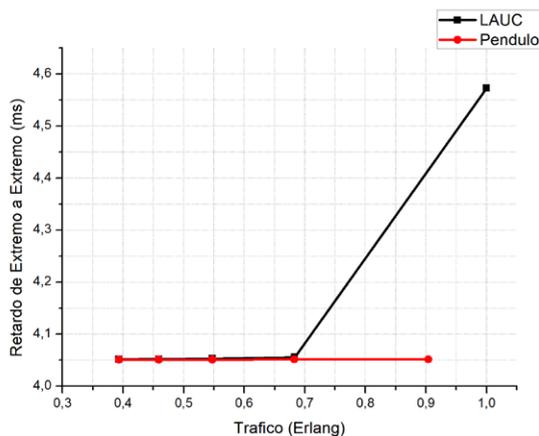


Fig. 12. EED, red NSFNet con 8 slots, 2.5 Gbps.

En la Fig. 13 se observa que el algoritmo péndulo no agrega ningún retardo adicional, manteniendo el retardo de extremo a extremo en un valor cercano al mínimo posible; esto es debido a que la grilla cuenta con la cantidad de slots suficientes para garantizar la atención a los paquetes entrantes. El algoritmo LAUC se comporta bastante bien para cantidades intermedias de tráfico, pero para valores elevados, y a pesar de que cuenta con suficientes slots, no es capaz de realizar una gestión eficiente de los recursos, por lo que algunos paquetes son puestos en cola, llevando a retardos de cerca de 4.2 ms, mientras que el retardo del algoritmo péndulo se mantiene cerca de 4.05 ms.

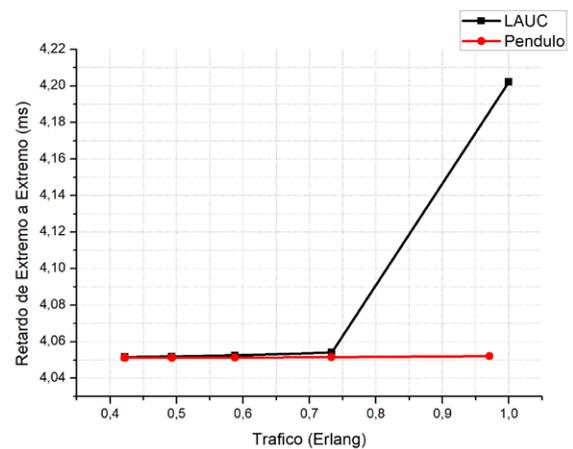


Fig. 13. EED, red NSFNet con 16 slots, 1.25 Gbps.

En la Fig. 14 se observa que para una velocidad de 2.5 Gbps, la red se comporta aun mejor que en el caso anterior, gracias a la rápida liberación de los recursos, y el retardo se mantiene en valores muy bajos para ambos algoritmos, pero con un mejor desempeño para el algoritmo péndulo que alcanza un retardo máximo cercano a 4.0512 ms, mientras que el LAUC llega hasta cerca de 4.0515 ms.

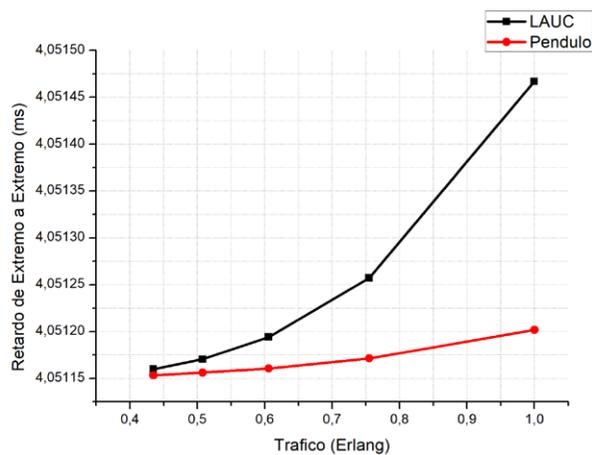


Fig. 14. EED, red NSFNet con 16 slots, 2.5 Gbps.

3. TRABAJOS FUTUROS

Como continuación de esta línea de investigación, son propuestos los siguientes posibles trabajos futuros:

- Adaptación y análisis del algoritmo péndulo para su operación en una red óptica convencional con tecnología RWA.
- Análisis del impacto de velocidades de datos superiores sobre los algoritmos estudiados.
- Diseño e implementación de un módulo cognitivo capaz de elegir entre dos o más algoritmos para la gestión de recursos de red.
- Adaptar el algoritmo de péndulo para la búsqueda y asignación de rutas en una red óptica.

4. CONCLUSIONES

- Para redes con poca disponibilidad espectral o baja tasa de bits, el algoritmo péndulo es una muy buena alternativa, pero a medida que los recursos de red aumentan, el algoritmo LAUC también se ubica en los parámetros aceptables.

- Para las redes ópticas actuales (distribuidas) el algoritmo péndulo es una gran alternativa para asignar recursos dado que realiza una gestión muy eficiente del espectro disponible, mejorando parámetros como la probabilidad de bloqueo y el retardo extremo a extremo.
- Para redes con alta disponibilidad espectral y tasas de transmisión alta, el uso de uno u otro algoritmo es prácticamente indiferente.
- OMNeT++ se considera como una elección acertada en cuanto a las características que brinda para la construcción de modelos de simulación. Sin embargo, posee una curva de aprendizaje alta, ya que exige un conocimiento en programación orientada a objetos en C++ y requiere de un proceso de familiarización fuerte.

5. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran la inexistencia de conflicto de interés con institución o asociación comercial de cualquier índole.

6. REFERENCIAS

- [1] J. P. Elbers, and A. Autenrieth, "From static to software-defined optical networks," in 16th International Conference on Optical Network Design and Modelling (ONDM), Colchester, UK. doi: 10.1109/ONDM.2012.6210207
- [2] A. Castro, L. Velasco, M. Ruiz, M. Klinkowski, J. P. Fernández-Palacios, and D. Careglio, "Dynamic routing and spectrum (re)allocation in future flex-grid optical networks," *Computer Networks*, vol. 56, no. 12, pp. 2869–2883, 2012. doi: 10.1016/j.comnet.2012.05.001

- [3] C. A. Castaño Salazar, y F. Amaya-Fernández, “Commutación de paquetes en el dominio óptico,” *Revista en Telecomunicaciones e Informática*, vol. 2, no. 4, pp. 25–42, 2012. Recuperado de <https://revistas.upb.edu.co/index.php/telecomunicaciones/article/download/3303/2904>
- [4] J. G. López Perafán, “Diseño de métodos cross layer cognitivos para redes de comunicación óptica de ráfagas (OBS),” Tesis Doctoral, Departamento de Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, 2014. Disponible en: http://www.unicauca.edu.co/doctoradoce/publicaciones/Monografia_Lopez.pdf
- [5] S. V. Kartalopoulos, *Introduction To Dwdm Technology*, First edit., no. 6387. Piscataway, Nj, USA: IEEE Press, 2000.
- [6] L. N. Binh, *Advanced Digital Optical Communications*, First edit. Munich, Germany: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2015.
- [7] P. M. Pereira, “Redes Ópticas Elásticas,” Tesis de pregrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2013.
- [8] A. A. Garcia, “Elastic Spectrum Allocation In Flexgrid Optical Networks,” Tesis de pregrado, Optical Communications Group, Universitat Politècnica de Catalunya, 2012. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/16481/MEMORIA.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- [9] A. F. Sevilla Majin and E. C. Zúñiga Quisoboní, “Análisis comparativo del desempeño de algoritmos RSA y RWA sobre una red óptica basada en la topología NSFNET,” Tesis de pregrado, Departamento de Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, 2017. Disponible en: <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/1573>
- [10] ITU-T, “G.694.1 (02/2012), Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid,” Ser. G.694.1, pp. 1–16, 2012.
- [11] A. Salas, “Acerca del algoritmo de dijkstra,” arXiv preprint arXiv:0810.0075, October 2008.
- [12] J. F. Chicano, “Metaheurísticas e Ingeniería del Software,” Tesis Doctoral, Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación, Universidad de Málaga, 2007. Disponible en: <http://neo.lcc.uma.es/tesis/PhD-Chicano07.pdf>
- [13] J. Brito Santana et al., “Metaheurísticas: Una revisión actualizada”, Grupo de Computación Inteligente, Universidad de La Laguna, 2004. Disponible en: <http://www-eio.upc.es/personal/homepages/elena/web/mhreport.pdf>
- [14] Qusay. Mahmoud, *Cognitive Networks: Towards Self-Aware Networks*, Qusay H. M., vol. 91. Guelph, Canada: Wiley, 2017.
- [15] C. Fortuna, and M. Mohorcic, “Trends in the development of communication networks: Cognitive networks,” *Computer Networks*, vol. 53, no. 9, pp. 1354–1376, 2009. doi: 10.1016/j.comnet.2009.01.002
- [16] H. Arslan, *Cognitive Radio, Software Defined Radio, and Adaptative Wireless Systems*, First. Tampa, FL, U.S.A: Springer, 200.

Análisis del desempeño de un algoritmo de ensamble mixto dinámico

Analysis of the performance of a dynamic mixed assembly algorithm

Neil Andrés Jiménez Pinzón*
José Giovanni López Perafán**

(Recibido el 16-04-2019. Aprobado el 14-10-2019)

Estilo de citación de artículo:

N. A. Jiménez Pinzón, y J. G. López Perafán, "Análisis del desempeño de un algoritmo de ensamble mixto dinámico", *Lámpsakos*, (23), pp. 25-36. (enero-junio, 2020). DOI: 10.21501/21454086.3204

Resumen

El presente artículo da a conocer el impacto que tiene la semilla generadora de tráfico junto con un nuevo algoritmo de ensamble de ráfagas sobre el desempeño de una red de conmutación óptica por ráfagas OBS. En el que el algoritmo de ensamble implementado se caracteriza por ser mixto y adaptativo, es decir, un algoritmo no clásico. El modelo de red OBS tiene algunos parámetros preestablecidos fijos, como la cantidad de canales por enlace óptico, la velocidad por canal, implementación de algoritmos clásicos en los otros procesos del esquema funcional de la red, y otros. Para evaluar el desempeño se analizan la cantidad de ráfagas perdidas transmitidas o con probabilidad de bloqueo. Los resultados muestran el efecto que tiene variar la semilla y el impacto del algoritmo de ensamble propuesto en la probabilidad de bloqueo según el escenario. Cada escenario de simulación tiene una semilla diferente y se implementa para un volumen de tráfico alto específico.

Palabras clave: Conmutación; OEO; Dinámico; Ensamble de ráfagas; Fibra óptica; OMNeT; OBS; Ráfagas; Semilla; Probabilidad de bloqueo.

* Magíster en Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, Popayán-Colombia. Ingeniero Electrónico, de la Universidad Nacional de Colombia Manizales-Colombia. Contacto: neiljimenez@unicauca.edu.co

** Doctor en Ciencia de la Electrónica. Docente, Universidad del Cauca, Popayán-Colombia. Contacto: glopez@unicauca.edu.co

Abstract

This article presents the impact that the traffic generating seed has along with a new burst assembly algorithm on the performance of an optical burst switching network –OBS. In which the implemented assembly algorithm is characterized by being mixed and adaptive, that is, a non-classical algorithm. The OBS network model has some fixed preset parameters, such as the number of channels per optical link, the speed per channel, implementation of classical algorithms in the other processes of the functional network scheme, among others. To evaluate the performance, the amount of transmitted bursts transmitted or the probability of blocking is analyzed. The results show the effect of varying the seed has and the impact of the proposed assembly algorithm on the probability of blocking according to the scenario. Each simulation scenario has a different seed and it is implemented for a specific high traffic volume.

Keywords: Switching; OEO; Dynamic; Burst Assembly; Optical fiber; OMNeT; OBS; Bursts; Seed; Probability of blocking.

1. INTRODUCCIÓN

En la última década las redes de telecomunicaciones, puntualmente la red Backbone o red troncal (core) han experimentado un incremento del volumen del tráfico debido a la necesidad de los usuarios de comunicarse y al uso de las nuevas tecnologías. Por lo tanto, existe la necesidad de desarrollar nuevas redes Backbone de alta capacidad que soporten los requerimientos de ancho de banda y el volumen creciente del flujo de tráfico.

Para satisfacer dichos requerimientos surge la fibra óptica, presentada como una solución definitiva a las redes Backbone de cobre. Las redes por fibra óptica evolucionan a lo largo de la historia con el objetivo de conseguir progresivamente las redes totalmente ópticas, lo cual se ha conseguido conforme a los avances tecnológicos [1], [2], [3] y [4]. En la primera generación, se utilizaban las fibras multimodo como enlaces punto a punto, las cuales realizaban todo el procesamiento de la información y su transmisión en el dominio electrónico, por ejemplo, funciones como la conversión del medio eléctrico al óptico, la conversión del medio óptico al eléctrico y el proceso de la multiplexación de los canales de transmisión en cada uno de los dispositivos o nodos de red, otros. Las conversiones eléctrico-óptico-eléctrico (OEO) son las responsables de generar los mayores retardos y pérdidas de la información en las redes core. Hasta la cuarta generación se han desarrollado nuevos dispositivos que realizan en el medio óptico la multiplexación en frecuencia, lo que da lugar a los sistemas multiplexados por división de longitud de onda (WDM, Wavelength Division Multiplexing) [1], [2], [3]. Sin embargo, las conversiones OEO aún se deben realizar electrónicamente.

Las redes ópticas WDM han adoptado la técnica de multiplexación por división de longitud de onda, ya que permiten la transmisión simultánea de diferentes longitudes de onda o canales sobre una misma fibra óptica y el cambio a un nivel de transporte completamente óptico. Esta técnica proporciona mayor capacidad de transmisión por enlace o fibra óptica según el número de canales o longitudes de onda por fibra. Para esta investigación, se selecciona la técnica DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing), la multiplexación por

división de longitud de onda densa, la cual, en comparación a la otra técnica de multiplexación CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) tiene más canales por enlace (por fibra) ya que el espaciado entre los canales es más pequeño. Por lo tanto, las redes ópticas DWDM proporcionan mayor capacidad de transmisión de información en un instante de tiempo, es decir, mejoran en cierto grado el problema del incremento del volumen del flujo de tráfico [3] y [4].

Por otro lado, las redes ópticas, al utilizar enlaces DWDM, han adoptado diferentes modelos de conmutación con el fin de aprovechar el ancho de banda por canal en un enlace de fibra óptica, es decir, proporcionar mayor granularidad o escalabilidad en la red. La granularidad se refiere a el número de conexiones ópticas posibles entre el origen y el destino de la transmisión, la cual puede tener anchos de bandas concretos (fijos), conexiones con diferente ancho de banda y combinaciones entre conexiones según la velocidad. La conmutación óptica se clasifica según el nivel de granularidad en la Conmutación Óptica de Circuitos (OCS, Optical Circuit Switching), la Conmutación Óptica de Ráfagas (OBS, Optical Burst Switching) y la Conmutación Óptica de Paquetes (OPS, Optical Packet Switching) [2], [3], [4], [5]. Las redes OBS presentan ciertas ventajas sobre las redes OCS y las redes OPS, dado que las redes OCS, en contraste con las OBS, son menos escalables debido a que establecen circuitos o rutas (camino de luz o lightpath) en la transmisión origen-destino y ningún canal que hace parte de un camino puede ser utilizado por otro. Al comparar las redes OPS y OBS se tiene que la implementación de las primeras por el momento no es posible, debido a que la tecnología aún no existe, en cuanto a dispositivos de almacenamiento óptico y en el procesamiento del encabezado. Es por eso que este documento se enfoca en las redes OBS.

Por lo anterior, el presente artículo centra su estudio en analizar el impacto que tiene la semilla generadora de tráfico variable (diferente por escenario) en una red OBS distribuida y el desempeño de un nuevo algoritmo de ensamble de ráfagas mixto dinámico. Para evaluar el desempeño, se utiliza el parámetro probabilidad de bloqueo de las ráfagas transmitidas en la red OBS. El

artículo está organizado de la siguiente manera: se presenta una introducción general de las redes de conmutación óptica de ráfagas OBS; el esquema funcional de las redes OBS; el esquema funcional algoritmo clásico vs esquema funcional del algoritmo propuesto del proceso de ensamble de ráfagas; se realiza el análisis del algoritmo propuesto al variar la semilla generadora de tráfico bajo dos escenarios: según el número de paquetes por ráfaga; trabajos futuros y, finalmente, se presentan las conclusiones según los resultados encontrados.

Redes de conmutación óptica OBS

Las redes de conmutación óptica de ráfagas (OBS) combinan lo mejor de la conmutación óptica de paquetes (OPS) y de la conmutación de circuitos (OCS), con el fin de proporcionar un mejor uso de los recursos en las redes ópticas actuales y en las futuras, como la red internet óptica.

Las redes OBS consisten en encapsular una cantidad de paquetes dentro de un macro-paquete, llamado ráfaga, en el que todos tienen el mismo destino, lo cual genera menor cantidad de encabezamientos o paquetes de control (BCP, Burst Control Packet). El proceso de encapsular o ensamblar la ráfaga utiliza diferentes criterios de ensamble, como la dirección de destino (la más común), la clase de servicio, por nivel de congestión, entre otros. También se pueden hacer combinaciones entre criterios de ensamblaje, como se analiza en [3], [4], [5], [6].

En una red OBS, las ráfagas se ensamblan y desensamblan en los nodos borde, el ensamble ocurre en los nodos borde de entrada y el desensamblaje en los nodos borde salida. La transmisión de la información o de las ráfagas es totalmente óptica, sin embargo, la transmisión de los BCPs es semi-óptica, dado que en cada nodo central se realiza el proceso de conversión OEO (óptico-eléctrico-óptico) por cada BCP [3]. Se resalta que en las redes OBS, en comparación con las redes OCS y OPS, se reduce considerablemente el número de conversiones OEO.

Esquema funcional de una red OBS

La arquitectura de una red OBS está compuesta por nodos centrales (nodos core), nodos borde (nodos edge) y todos los nodos están interconectados mediante enlaces de fibra óptica [3], [4], [5], [6]. Cada enlace implementa múltiples canales o longitudes de onda, de manera que utiliza la técnica de multiplexación DWDM. Los nodos borde pueden ser de ingreso (entrada) y de egreso (salida).

Cada nodo es responsable de funciones específicas que se llevan a cabo en una red de conmutación óptica de ráfagas y se clasifican en el esquema funcional de una red OBS. Las funciones se clasifican según el nodo de la siguiente manera: (1) Nodo borde de entrada: ensamble de ráfagas, generación del BCP, cálculo del tiempo de Offset, enrutamiento y asignación de longitud de onda (RWA); (2). Nodo core: procesamiento del BCP y resolución de contención; (3). Nodo borde de salida: desensamble de la ráfaga y reenvío de paquetes [3], [4], [5], [6]. Este artículo se centra en el proceso de ensamble de ráfagas del esquema funcional y en la semilla inicial generadora de tráfico, la cual es uno de los parámetros de una fuente de tráfico.

Esquema funcional del algoritmo clásico vs esquema funcional del algoritmo propuesto en el proceso de ensamble de ráfagas

En este artículo se propone un nuevo algoritmo de ensamble mixto dinámico, el cual se basa en el algoritmo de ensamble mixto híbrido dinámico (ERHD-SV) implementado en [7]. El algoritmo propuesto es mixto dado que implementa los dos parámetros de ensamble, el que primero ocurra y se diferencia al ERHD-SV porque no es híbrido, ya que aplica solo la técnica de lógica difusa y es dinámico porque el valor de los parámetros de ensamble se adapta según la función de pertenencia triangular fija de la lógica difusa aplicada. Para el análisis de los resultados se realiza una comparación entre el algoritmo de ensamble mixto dinámico propuesto con un algoritmo de ensamble mixto clásico, es decir, no di-

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3204>

námico. El factor clave de este análisis está en variar la semilla inicial generadora de tráfico, la cual, cada semilla establece un escenario diferente.

El esquema funcional base del ensamble de ráfagas clásico de una red OBS está dado por tres módulos: (1). El primer módulo es el clasificador, organiza y clasifica cada paquete que ingresa a la red según su dirección de destino y lo envía al buffer de destino (BD) correspondiente; (2). El segundo módulo es el ensamblaje, asigna un valor predeterminado (fijo) al parámetro de ensamble, el cual crea la ráfaga con el mismo tamaño sin tener en cuenta el nivel de tráfico (volumen de tráfico), utiliza uno de los parámetros, el que se haya implementado, el umbral de longitud o el tiempo de ensamble de datos. La ráfaga se ensambla cuando el valor de cada contador de BD alcance al valor predeterminado; (3). El tercer módulo es la planificación, organiza las variables para el envío de cada ráfaga ensamblada, parámetro como: el canal de transmisión o longitud de onda para cada ráfaga, un

solo canal de transmisión para todos los BCPs, establece el tiempo de Offset para cada ráfaga ensamblada y su BCP, otros, [3], [6], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], ver Fig. 1.

Por otro lado, como se muestra en la Fig. 2, la diferencia entre el esquema funcional del algoritmo de ensamble propuesto con el clásico esta puntualmente en el módulo 2, el cual aplica la lógica difusa, utilizando la función de pertenencia triangular, para determinar el valor adecuado del parámetro de ensamble según el nivel de tráfico en ese instante y de esta manera crear la ráfaga a transmitir [15] y [16]. Se utiliza el parámetro de ensamble que primero ocurra, ya sea el umbral de longitud o el tiempo de ensamble de datos. Para determinar el valor adecuado del parámetro de ensamble, se gestiona cada BD utilizando un contador de paquetes según el volumen de tráfico. La ráfaga se ensambla con el valor del contador del BD que primero ocurra.

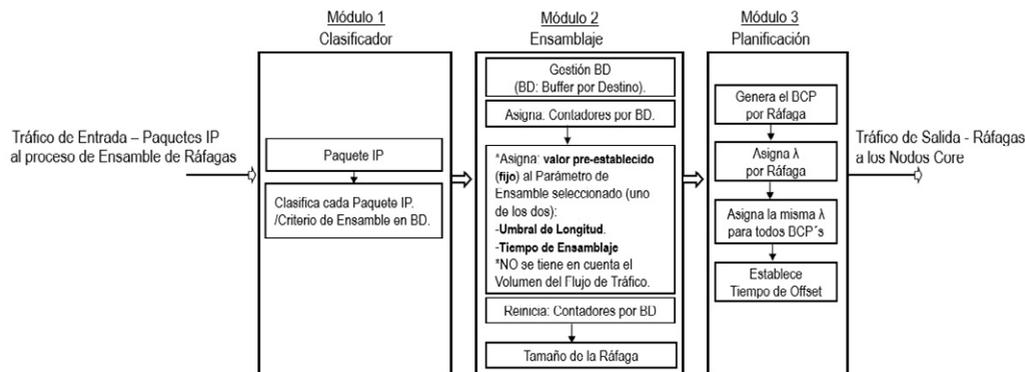


Fig. 1: Esquema funcional base de un algoritmo de ensamble clásico

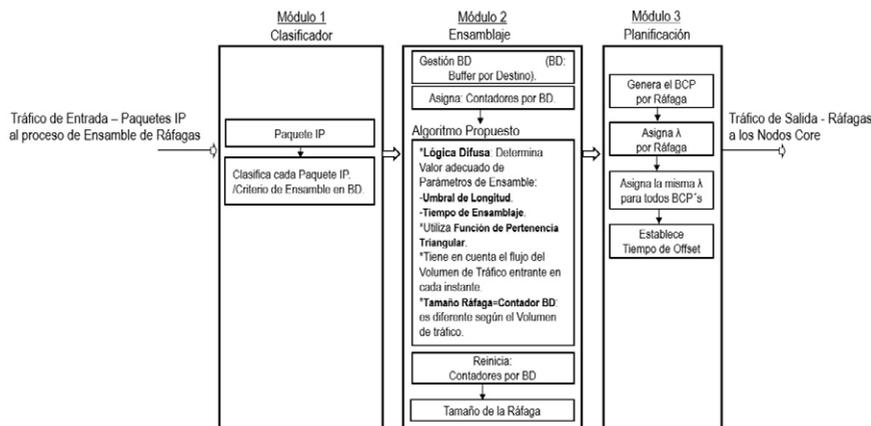


Fig. 2: Esquema funcional del algoritmo de ensamble propuesto

Análisis del algoritmo de ensamble propuesto al variar la semilla

Para el análisis presentado en este documento, se utiliza la herramienta de simulación IDE OMNeT++ versión académica, enfocada en la evaluación del desempeño de un nuevo algoritmo de ensamble de ráfaga de datos mixto dinámico (algoritmo propuesto), el cual asigna un valor a cada parámetro de ensamble determinado por la función de pertenencia triangular (triángulo rectángulo isósceles) seleccionado de un rango de tres valores y utiliza una semilla generadora de tráfico variable en cada nodo borde de entrada de la red OBS distribuida. Para evaluar el desempeño sobre la red OBS se basa en la probabilidad de bloqueo (PB) de las ráfagas transmitidas.

La topología por implementar para la red de conmutación óptica de ráfagas OBS, distribuida en la herramienta de simulación OMNET, es la NSFNET (National Science Foundation's Network) [9], [10], [14]. La NSFNET fue el reemplazo de la red ARPANET como Backbone de Internet, creada por la Fundación Nacional para la Ciencia (NSF, National Science Foundation), en Estado Unidos, la cual adoptó como arquitectura de comunicación a TCP/IP desde el comienzo. Utilizada como red académica, en laboratorios de investigación, bibliotecas y museos, entre otros, por lo que permite compartir información al apoyar y trabajar en proyectos de investigación en todo el país.

La Fig. 3 muestra la topología de la red OBS distribuida NSFNET implementada en la herramienta de simulación OMNeT++. La Tabla 1 resume las características de la configuración del algoritmo de ensamble de ráfagas mixto dinámico (propuesto), variando el valor de la semilla determinado de forma aleatoria.

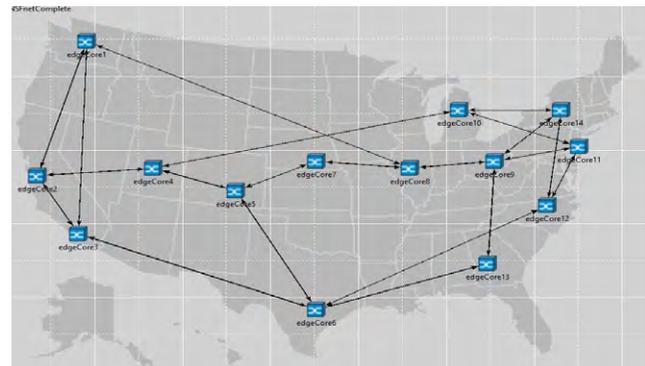


Fig. 3: Topología de la red OBS distribuida

Para el análisis, primero se establecen 10 escenarios; en cada escenario el valor de la semilla inicial generadora de tráfico es diferente, como se muestra en la Tabla 1 y Tabla 2, pero se utilizan las mismas características (parámetros y criterios) para el algoritmo de ensamble de ráfagas clásico, ver Tabla 1; el algoritmo de ensamble de ráfaga mixto dinámico (propuesto), ver Tabla 2; y las de red, ver Tabla 2. Dado que el objetivo es analizar el impacto que tiene la variación de la semilla inicial generadora de tráfico sobre el desempeño en la red OBS-distribuida, puntualmente, cómo afecta la tasa de pérdidas de las ráfagas transmitidas o PB. Por otro lado, se analiza el impacto del algoritmo propuesto, dado que utiliza la técnica de lógica difusa para determinar el valor óptimo de cada uno de los parámetros de ensamble de ráfagas y se comparan sus resultados con un algoritmo de ensamble mixto clásico. Además, se analiza el impacto del nuevo algoritmo de ensamble de ráfagas sobre el desempeño en la red OBS distribuida con semilla variable, al comparar las ráfagas generadas y perdidas en cada uno de los escenarios.

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3204>

Tabla 1. Características del algoritmo de ensamble clásico

Algoritmos de ensamble de ráfagas propuestos Características generales	
Parámetro	Valores
Umbral de longitud (UL)	2.
Intervalo de tiempo (T)	0.0015seg
Semilla 1	20
Semilla 2	70
Semilla 3	150
Semilla 4	532570
Semilla 5	297834
Semilla 6	33
Semilla 7	7385
Semilla 8	40187
Semilla 9	9
Semilla 10	108

Tabla 2. Características de red y del algoritmo de ensamble propuesto

Algoritmos de ensamble de ráfagas propuestos Características generales	
Parámetro	Valores
Umbral de longitud (UL)	Rango: *2; *4; *6. Valor: 4.
Intervalo de tiempo (T)	Rango: *0.00225seg; *0.0025seg; *0.00275seg. Valor: 0.0025seg
Semilla 1	20
Semilla 2	70
Semilla 3	150
Semilla 4	532570
Semilla 5	297834
Semilla 6	33
Semilla 7	7385
Semilla 8	40187
Semilla 9	9
Semilla 10	108

Características de red	
Número de canales	*2 por Nodo Borde/Núcleo.
Número de nodos	14
Velocidad por canal	2.5Gb
Carga alta	*3.7us. Con 0.85seg Simulación.
Parámetro de desempeño	*Probabilidad de Bloqueo (PB)

En la Fig. 4 se muestran los resultados del algoritmo de ensamble de ráfagas clásico con color rojo y verde, y del algoritmo de ensamble de ráfagas mixto dinámico (propuesto) con color negro y azul. Se presenta el valor de la probabilidad de bloqueo para cada semilla (11 semillas). El valor de la semilla 0 es predefinida por la herramienta de simulación OMNeT y el valor de las semillas 1 al 10 son determinadas de forma aleatoria.

Al evaluar el impacto del algoritmo propuesto al compararlo con el algoritmo clásico, en cuanto a la probabilidad de bloqueo, se encuentra que mejora el desempeño de la red OBS distribuida al obtener una menor tasa de pérdida de ráfagas transmitidas, ver Fig. 4. Por ejemplo, para la semilla 0, con el algoritmo clásico la PB es de 34.71% (aproximado) y para el algoritmo propuesto la PB es de 25.12% (aproximado). De la misma forma, al seleccionar cualquier semilla 1 al 10, se obtiene que la PB del algoritmo propuesto es menor.

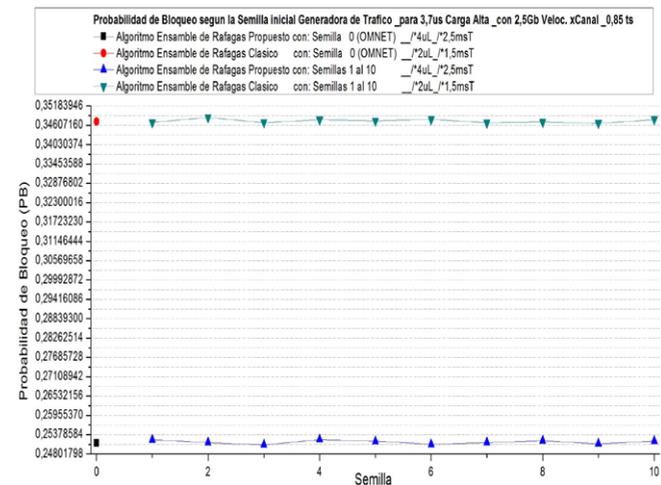


Fig. 4: PB vs Semilla, al implementar el algoritmo de ensamble propuesto y el clásico

Las Fig. 5 y Fig. 6 muestran las probabilidades de bloqueo determinadas al implementar el algoritmo de ensamble de ráfagas mixto clásico, de modo que varía la semilla inicial generadora de tráfico (11 valores).

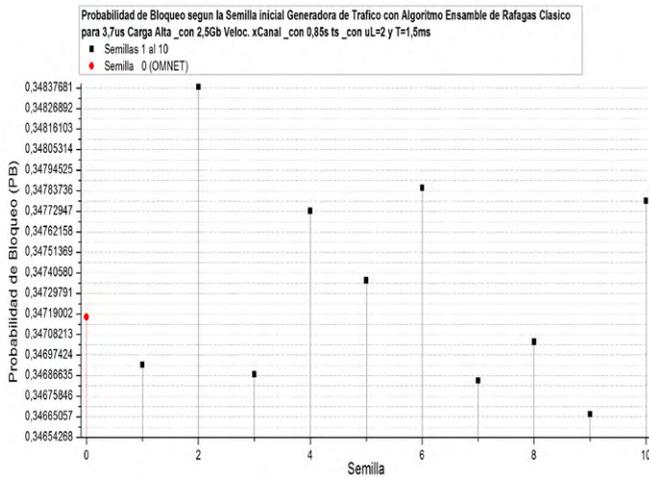


Fig. 5: PB vs Semilla, al implementar el Algoritmo de Ensamble Clásico

Con base en los resultados encontrados al implementar el algoritmo clásico vs semillas, en la Fig. 5 se deduce que la PB puede ser menor o mayor según el valor de la semilla, por ejemplo, para la semilla 2 y 9, la probabilidad de bloqueo (PB) encontrada para 2 es de 34.83% (aproximado) y para la 9 es de 34.66% (aproximado). Por lo tanto, variar las semillas hace que el flujo del volumen de tráfico sea aleatorio. Por otro lado, la Fig. 6 muestra el valor promedio de la probabilidad de bloqueo (PB) de las semillas 1 al 10 (valores aleatorios), con color rojo, donde para este caso, se puede deducir que la PB de la semilla 0 (OMNeT) estará siempre por debajo de la PB-promedio.

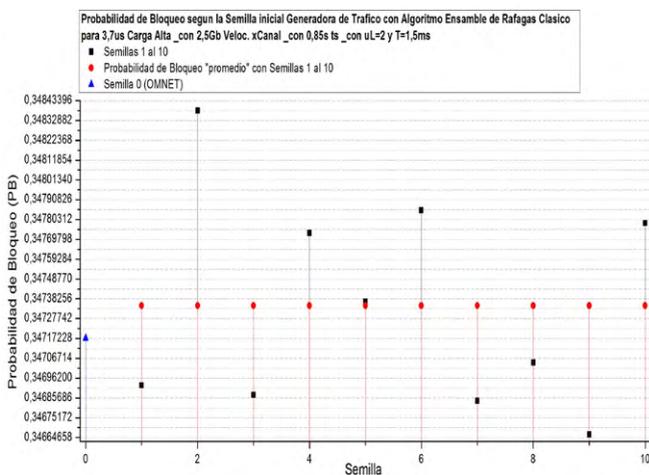


Fig. 6: PB vs Semilla vs PB-promedio al implementar el algoritmo de ensamble clásico

Las Fig. 7 y Fig. 8 presentan las probabilidades de bloqueo determinadas al implementar el algoritmo de ensamble de ráfagas mixto dinámico propuesto, allí varía la semilla inicial generadora de tráfico (11 valores).

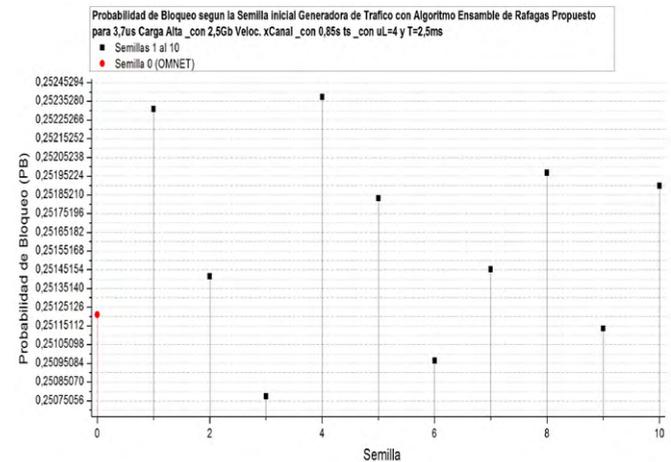


Fig. 7: PB vs Semilla al implementar el Algoritmo de Ensamble Propuesto

Según los resultados encontrados al implementar el algoritmo propuesto vs semillas, en la Fig. 7 se deduce que la PB puede ser menor o mayor según el valor de la semilla, por ejemplo, para la semilla 3 y 4, la probabilidad de bloqueo (PB) encontrada para 3 es de 25.07% (aproximado) y para la 4 es de 25.23% (aproximado). Por lo tanto, variar las semillas hace que el comportamiento de la red OBS distribuida tenga un flujo de volumen de tráfico más aleatorio. Por otro lado, en la Fig. 8 se muestra el valor promedio de la probabilidad de bloqueo (PB) de las semillas 1 al 10 (valores aleatorios) con color rojo. Para este caso, se puede deducir que la PB de la semilla 0 (OMNeT) estará siempre por debajo de la PB-promedio.

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3204>

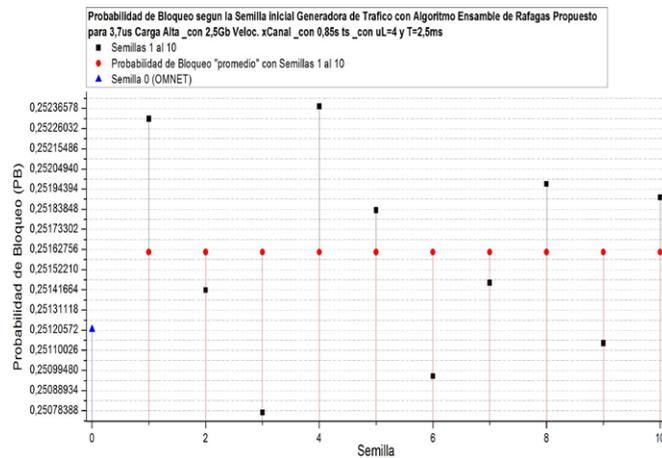


Fig. 8: PB vs Semilla vs PB-promedio al implementar el Algoritmo de Ensamble Propuesto

Las Fig. 9 y Fig. 10 evidencian las ráfagas generadas y perdidas al implementar el algoritmo de ensamble de ráfagas mixto clásico variando la semilla inicial generadora de tráfico, la semilla 0 (valor predeterminado por OMNET) y las semillas 1 al 10 (valores determinados aleatoriamente).

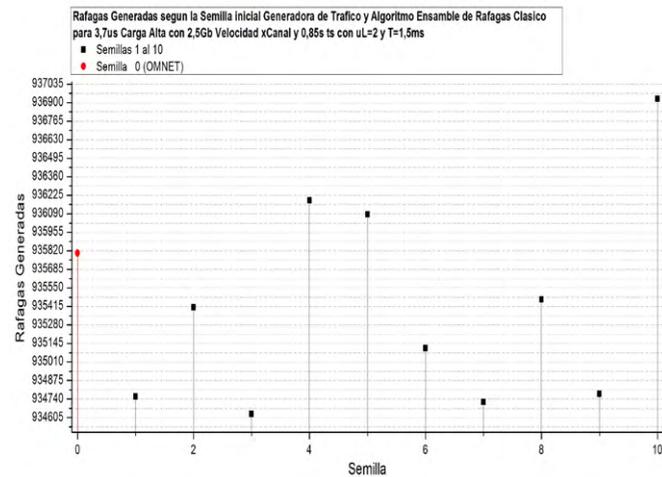


Fig. 9: Ráfagas generadas al implementar el algoritmo de ensamble clásico

Con base en los resultados encontrados al implementar el algoritmo clásico vs semillas, en la Fig. 9 se observa que la cantidad de ráfagas generadas puede ser menor o mayor según el valor de la semilla que se

esté utilizando, teniendo en cuenta que la fórmula para generar el tráfico en la fuente en el nodo borde de entrada OBS es fija, para carga alta con 3.7us y 0.85seg ts (tiempo de simulación). Por ejemplo, para la semilla 3 y 10, las ráfagas generadas para 3 son 934633 y para 10 son 936927, una diferencia de 2294 ráfagas. Por lo tanto, variar las semillas hace que el comportamiento de la red OSB distribuida tenga un flujo de volumen de tráfico más aleatorio. Por otro lado, en la Fig. 10 se observa que la cantidad de ráfagas perdidas puede ser menor o mayor y esto depende de dos factores: (1) según el valor de la semilla utilizada para generar la ráfaga; (2) el nivel de congestión en los nodos centrales o core OBS.

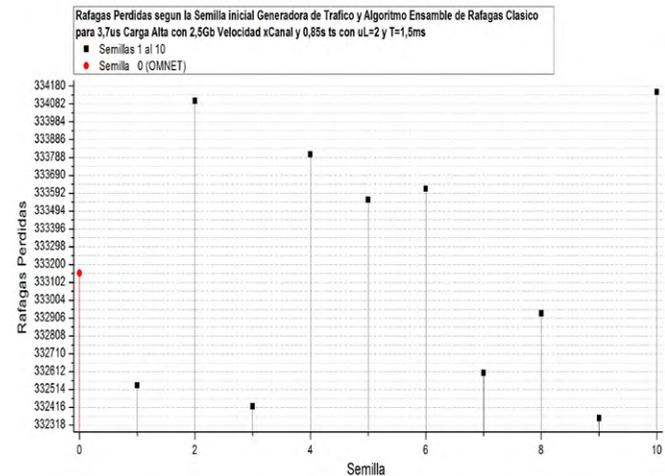


Fig. 10: Ráfagas perdidas al implementar el algoritmo de ensamble clásico

Las Fig. 11 y Fig. 12 muestran las ráfagas generadas y perdidas al implementar el algoritmo de ensamble de ráfagas mixto dinámico (propuesto) variando la semilla inicial generadora de tráfico, la semilla 0 (valor predeterminado por OMNET) y las semillas 1 al 10 (valores determinados aleatoriamente).

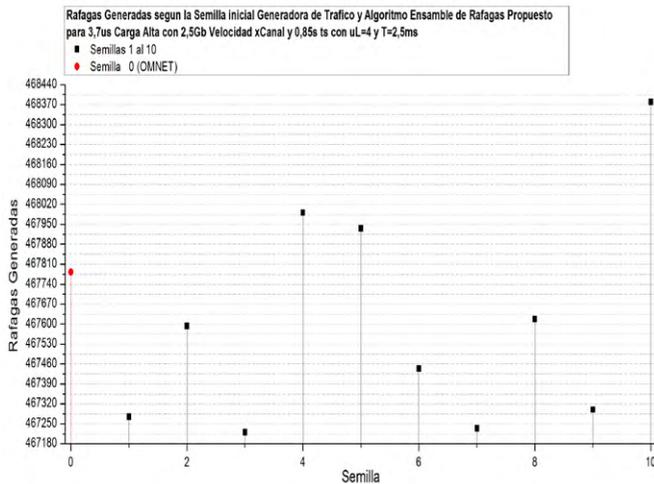


Fig. 11: Ráfagas generadas al implementar el algoritmo de ensamble propuesto

De acuerdo con los resultados encontrados al implementar el algoritmo propuesto vs semillas, en la Fig. 11 se observa que la cantidad de ráfagas generadas puede ser menor o mayor según el valor de la semilla que se utilice, teniendo en cuenta que la fórmula para generar el tráfico en la fuente en el nodo borde de entrada OBS es fija, para carga alta con 3.7us y 0.85seg ts (tiempo de simulación). Por ejemplo, para la semilla 3 y 10, las ráfagas generadas para 3 son 467221 y para 10 son 468379, una diferencia de 1158 ráfagas. Por lo tanto, variar las semillas hace que el comportamiento de la red OSB distribuida tenga un flujo de volumen de tráfico más aleatorio. Por otro lado, en la Fig. 12 se observa que la cantidad de ráfagas perdidas puede ser menor o mayor y esto depende de dos factores: (1) Según el valor de la semilla utilizada para generar la ráfaga; (2) El nivel de congestión en los nodos centrales o core OBS.

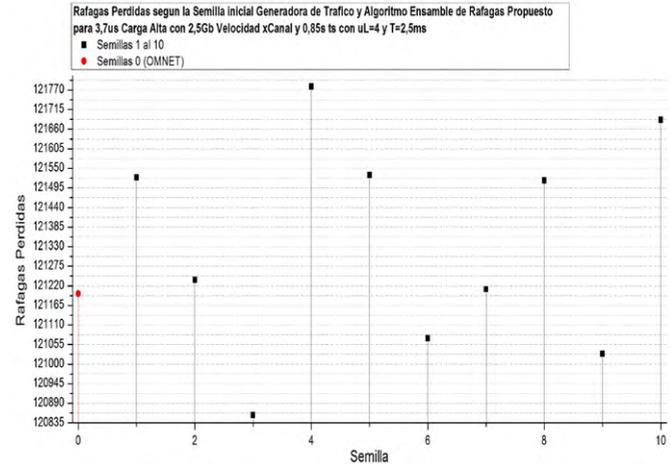


Fig. 12: Ráfagas perdidas al implementar el algoritmo de ensamble propuesto

2. TRABAJOS FUTUROS

Como trabajo futuro de investigación, se sugiere crear un algoritmo de ensamble mixto dinámico basado en la lógica difusa para realizar el proceso de ensamble de ráfagas de datos. De modo que la lógica difusa se implemente de forma concatenada repitiéndose las veces que sea necesario hasta encontrar la función de pertenencia triangular correcta, con el fin de asignar el valor óptimo de los parámetros de ensamble para la ráfaga con el tamaño adecuado.

Además, se propone crear un algoritmo de ensamble híbrido mixto dinámico. Híbrido porque se sugiere implementar la lógica difusa junto con otra técnica o metaheurísticas para realizar el proceso de ensamble de ráfagas de datos.

3. CONCLUSIONES

Como conclusiones específicas y más relevantes del trabajo, se destacan las siguientes:

- El algoritmo de ensamble de ráfagas mixto dinámico (propuesto), basado en la técnica lógica difusa, en contraste con el algoritmo de ensamble de ráfagas mixto clásico, tiene un nivel de complejidad más alto

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3204>

en cuanto a configuración y procesamiento, dado que tiene mayor número de parámetros y criterios. Aun así, se obtienen mejores resultados en la probabilidad de bloqueo –PB, es decir, mejora el desempeño de la red OBS distribuida.

- El algoritmo de ensamble de ráfagas mixto dinámico propuesto, basado en la técnica lógica difusa, en contraste con el algoritmo de ensamble de ráfagas mixto clásico, mejora el desempeño de la red OBS distribuida implementada, ya que disminuye la tasa de pérdidas de las ráfagas transmitidas sobre la red o probabilidad de bloqueo (PB), como se muestra en la Fig. 4. Ya que el algoritmo propuesto optimiza el valor de los parámetros de ensamble para crear la ráfaga con el tamaño adecuado.
- Con base en los resultados encontrados al implementar el algoritmo de ensamble clásico y el algoritmo de ensamble propuesto, se encuentra que la semilla inicial generadora de tráfico tiene un gran impacto sobre el desempeño de una red OBS distribuida, ya que la PB puede ser menor o mayor según el valor de la semilla, como se muestra en las Fig. 5, Fig. 6 y Fig. 7.
- Con base en los resultados encontrados al implementar el algoritmo de ensamble clásico y el algoritmo de ensamble propuesto, puntualmente, según el análisis de la cantidad de ráfagas generadas, ver Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11 y Fig. 12, se concluye que la semilla tiene un gran impacto en el comportamiento de la red OBS distribuida, ya que, al cambiar el valor de la semilla, el flujo del volumen de tráfico es más aleatorio.

4. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran la inexistencia de conflicto de interés con institución o asociación comercial de cualquier índole.

5. REFERENCIAS

- [1] A. L. Almeida Freire, "Comportamiento de redes OBS (Optical Burst Switching) con tráfico TCP", (trabajo de grado), Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Escuel Politécnica Nacional, Quito, 2010. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4130>
- [2] J. P. Jue, and V. M. Vokkarane, *Optical Burst Switched Networks*, 2005. doi: 10.1007/b102280
- [3] J. G. López Perafán, "Diseño de métodos cross layer cognitivos para redes de comunicación óptica ráfagas (OBS)", (Tesis doctoral), Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, 2014. Disponible en: http://www.unicauca.edu.co/doctoradoce/publicaciones/Monografia_Lopez.pdf
- [4] M. Mangwala, and O. O. Ekabua, "A Survey of Burst Assembly Algorithms for Optical Burst Switching (OBS)". *International Journal of Engineering and Technology Research*, vol. 1, no. 7, pp. 107-115, 2013. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/3d96/c9ac8ddef4f811fd04626cc1d94388a285ac.pdf>.
- [5] M. Kozák, "Efficient Control, Routing, and Wavelength Assignment in Loss-Less Optical Burst Switching Networks", (Ph.D. dissertation), Department of Telecommunication Engineering, Czech Technical University in Prague, 2015. Available: <https://www.semanticscholar.org/paper/Efficient-Control-Routing-and-Wavelength-Assignment-Kozak/e55a48832798e24c99e8bce15cccfa9db9a921db>.
- [6] T. Venkatesh, and S. R. Murthy, "Chapter 1, Introduction to Optical Burst Switching", in *An Analytical Approach to Optical Burst Switched Networks*, Springer, 2010, pp. 132-137. Available: <https://www.springer.com/gp/book/9781441915092>
- [7] N. A. Jiménez, y J. G. López, "Evaluación del desempeño de un algoritmo de ensamble de ráfagas híbrido dinámico al variar la semilla inicial generadora

- de tráfico implementado en una red OBS distribuida", *Perspectiv@s*, vol. 15, no. 16, pp. 42-49, 2018. Disponible en: <http://revistas.uigv.edu.pe/index.php/perspectiva/article/view/603/528>
- [8] A. Gupta, R. S. Kaler, and H. Singh, "Investigation of OBS assembly technique based on various scheduling techniques for maximizing throughput", *Optik*, vol. 124, no. 9, pp. 840-844, 2013. doi: 10.1016/j.ijleo.2012.01.044
- [9] V. Zagorskis, "Using the probabilistic model checker PRISM to analyze H-OTBA algorithm in Optical Burst Switching (OBS) networks", in *Advances in Wireless and Optical Communications (RTUWO)*, Riga, Latvia, 2015, pp. 132-137. doi: 10.1109/RTUWO.2015.7365736
- [10] A. Kumar Garg, "A Novel Hybrid Approach for Efficient Network Utilization of OBS". *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, vol. 6, no 1, pp. 47-60, 2012. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/62ba/7c52586216226f8b01115a0825fbd670af5c.pdf>.
- [11] V. Minh N., V. Hoa L, and H. Son N, "A model of optimal burst assembly for delay reduction at ingress OBS nodes". *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, vol. 25, pp. 3970-3982. doi: 10.3906/elk-1608-290
- [12] A. A. Yayah, A. S. Ismail, and Y. Coulbaly, "A Review Burst Assembly Techniques in Optical Burst Switching (OBS)". *Journal Teknologi*, vol. 73, no. 2, pp. 1-6. doi: 10.11113/jt.v73.4183.
- [13] S. Dumych, "Study on Traffic Aggregation Algorithms for Edge Nodes of Optical Burst Switching Network". 13 th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET), Lviv, Ukraine, 2016, pp. 947-849. doi: 10.1109/TCSET.2016.7452233.
- [14] N. M. Garcia dos Santos, "Architectures and Algorithms for IPv4/IPv6-Compliant Optical Burst Switching Networks", (Ph.D. dissertation), Department of Computer Science, University of Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2008. Available: <http://www.di.ubi.pt/~mario/files/PhDThesis-NunoGarcia.pdf>
- [15] A. M. Umaru, M. S. ABD Latiff, and Y. Coulbaly, "A novel fuzzy-based adaptive timer burst assembly algorithm for optical burst switching networks", *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, vol. 67, no. 1, pp. 220-227, 2014. Available: <http://www.jatit.org/volumes/sixtyseventh1.php>
- [16] A. M. Umaru, M. S. ABD Latiff, and Y. Coulbaly, "Fuzzy-Based Adaptive Hybrid Burst Assembly Technique for Optical Burst Switched Networks", *Journal of Computer Networks and Communications*, vol. 2014, 2014. doi: 10.1155/2014/803518

Programación de mantenimiento preventivo usando algoritmos genéticos

Preventive maintenance programming using genetic algorithms

Jaime Antero Arango Marín*
Silvio León Rosero Otero**
Mario Enrique Montoya Arias***

(Recibido el 18-02-2019. Aprobado el 16-01-2020)

Estilo de citación de artículo:

J. A. Arango Marín, S. L. Rosero Otero, y M. E. Montoya Arias, "Programación de mantenimiento preventivo usando algoritmos genéticos", *Lámpsakos*, (23), pp. 37-44. (enero-junio, 2020). DOI: 10.21501/21454086.3112

Resumen

En un sistema de mantenimiento preventivo programado por tiempo, se plantea la necesidad de optimizar el uso de los recursos del área de mantenimiento, para buscar un equilibrio a lo largo del periodo de planificación. El problema se refiere a la secuenciación de tareas en la que se requiere determinar la semana inicial del programa de mantenimiento para cada una de las actividades en las máquinas. Se propone un algoritmo genético que tiene como función objetivo minimizar el máximo tiempo de mantenimiento semanal, de tal manera que cumpla con las condiciones de la programación establecida en cuanto a duraciones y frecuencias. Se consigue un programa eficiente y equilibrado que mejora significativamente el uso de los recursos. Para futuros trabajos, se sugiere aplicar otras técnicas inteligentes para la solución del problema y formularlo teniendo en cuenta otras condiciones, como los diferentes tipos de mantenimiento o la minimización de las paradas frecuentes de los equipos.

Palabras clave: Mantenimiento preventivo; Mantenimiento predictivo; Algoritmos genéticos; Programación de tareas; Naturaleza combinatorial; cromosoma; Mutación; Metaheurística; Eficiencia; Programación óptima.

* Ph.D en Ingeniería Industrial y Organizaciones. Integrante del grupo de investigación en Desarrollos Tecnológicos y Ambientales – GIDTA, Universidad Católica de Manizales, Manizales-Colombia. Contacto: jaarangom@unal.edu.co, Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0626-6013>

** MSc en Gerencia del Talento Humano. Integrante del grupo de investigación en Desarrollos Tecnológicos y Ambientales – GIDTA, Universidad Católica de Manizales, Manizales-Colombia. Contacto: srosero@ucm.edu.co, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4290-648X>

*** Especialista en Planeación para la Educación Ambiental. Integrante del grupo de investigación en Desarrollos Tecnológicos y Ambientales – GIDTA, Universidad Católica de Manizales, Manizales-Colombia. Contacto: mmontoya@ucm.edu.co, Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4327-9382>

Abstract

In a preventive maintenance system programmed by time the need to optimize the use of the resources of the maintenance area, looking for a balance throughout the planning period. The problem relates to the sequencing of tasks in which it is necessary to determine the initial week of the maintenance programme for each of the activities on the machines. A genetic algorithm is proposed that has as its objective the minimization of the maximum weekly maintenance time, in such a way that it meets the conditions of the established programming in terms of durations and frequencies. The result is an efficient and balanced programme, that significantly improves the use of resources For future work, it is suggested to apply other intelligent techniques to the solution of the problem and to formulate it taking into account other conditions such as the different types of maintenance or the minimisation of frequent equipment stops.

Keywords: Preventive maintenance; Genetic algorithms; Manintenance task; Combinatorial nature; Metaheurístic; Optimal programming.

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3112>

1. INTRODUCCIÓN

En los entornos productivos se busca asegurar la máxima disponibilidad de la maquinaria, equipo e instrumental necesarios para cumplir con las diferentes operaciones. Para evitar sobrecostos, interrupciones inesperadas en los procesos y prolongar la vida útil de las máquinas, equipos e instrumentos se hace necesario gestionar las operaciones de mantenimiento. Algunos conceptos comunes para el manejo del mantenimiento son:

Mantenimiento correctivo

Es el que se debe efectuar para volver a poner en marcha la maquinaria y equipo que ha fallado por algún daño o avería. Generalmente implica la suspensión de actividades productivas y la reprogramación o reprocesamiento de parte de los trabajos programados [1].

Mantenimiento preventivo

Responde a un programa preconcebido, basado en un conjunto de actividades programadas de acuerdo con un cronograma que, según el cumplimiento de fechas calendario, horas, días de operación o unidades procesadas, establece las actividades de mantenimiento a efectuar a cada una de las máquinas, equipos o instrumentos. Las suspensiones de operación son mínimas y están previstas con anticipación. Así mismo, es mínimo el reproceso o reprogramación de trabajos. Se prevén los recursos necesarios en cuanto a repuestos, lubricantes, personal especializado, etc., lo que ayuda a minimizar el costo y el impacto sobre la continuidad de las operaciones [2].

Mantenimiento predictivo

Basado en herramientas como imágenes de rayos x, ultrasonido, análisis de vibraciones y otras, el mantenimiento predictivo diagnostica el desgaste y la probabilidad de fallo de los diferentes componentes

de las máquinas y equipos, en especial, de las partes móviles con mayor riesgo de desgaste. Para realizarlo, se requiere un equipo especializado y personal idóneo que analice la información. Es relativamente costoso, aunque su potencial permite grandes ahorros en operaciones correctivas. La suspensión y reprogramación de actividades productivas son mínimas [3].

Mantenimiento productivo total (TPM)

Hace parte del conjunto de herramientas de la calidad total de la escuela japonesa. Permea toda la organización con un conjunto de principios como: mantenimiento autónomo, mantenimiento planeado, administración temprana de los equipos nuevos, eliminación de los problemas vitales, educación y entrenamiento en el trabajo. Su filosofía trasciende los departamentos de mantenimiento hasta llegar a la administración, y de esta forma crea en todo el personal una conciencia común, orientada a minimizar los fallos y mantener la planta en funcionamiento [4].

Programación de actividades

Las técnicas de programación de actividades permiten generar esquemas de asignación de tareas y secuenciación de operaciones que posibilitan un eficiente uso de los recursos y se logra cumplir con las actividades en los tiempos requeridos. Aunque existen técnicas de programación que usan métodos exactos, la mayoría de los problemas de programación son de carácter no polinomial (NP-Hard), por lo que su complejidad crece exponencialmente al crecer su tamaño, de modo que se requieren técnicas inteligentes como las metaheurísticas para su solución [5].

El presente trabajo es una propuesta de aplicación de una técnica avanzada de solución a problemas de optimización, en función del mejoramiento de la programación de actividades de mantenimiento preventivo, con potencial de aplicación en diferentes empresas industriales y comerciales.

Se presenta una técnica avanzada para programar las actividades de mantenimiento, de forma que se minimiza el máximo tiempo requerido para mantenimientos preventivos por semana de trabajo, lo que redundará en un flujo de programación del mantenimiento más eficiente, sin picos de alta carga de trabajo para los recursos dedicados al mantenimiento y sin subutilización de los recursos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se parte de un conjunto de datos de mantenimiento conformado por la lista de equipos, actividades y una tabla de programación del mantenimiento, conformada por las actividades requeridas con su duración estimada y su frecuencia. Se formula el problema como un problema de optimización, en el que las variables de decisión son las semanas iniciales de programación de las actividades. La función objetivo es minimizar el máximo de tiempo total dedicado al mantenimiento programado en una semana. Se hace el cálculo para una cantidad de semanas igual al mínimo común múltiplo de las frecuencias de mantenimiento de todas las actividades a programar en todas las máquinas. De esta manera, se asegura que la función objetivo considerará el peor de los casos de coincidencia de carga de mantenimiento en una misma semana para una programación suficientemente anticipada.

El algoritmo tiene como cromosoma un conjunto de valores de semanas iniciales de programación para cada combinación equipo-actividad. Cada uno de los genes del cromosoma es la semana inicial propuesta para la programación de esa actividad. Los padres se seleccionan por ruleta proporcional al valor de la función objetivo (minimizar el máximo tiempo total semana de mantenimiento). El cruzamiento se hace en varios puntos de cruce por un operador SJ20X. La mutación usa el operador ARB2, con una probabilidad de mutación de 0,3 para una tasa efectiva de mutación de 0,003 en un caso de 100 actividades a programar. La actualización de la población es por torneo entre cada descendiente y el individuo menos apto de la población previa (mayor tiempo total semanal de

mantenimiento). El criterio de parada es un número determinado de iteraciones, sin mejorar el valor de la función objetivo del mejor individuo de la población. El número de iteraciones se puede determinar a partir de los parámetros del problema. La solución final es una lista de semanas iniciales de programación de las actividades de mantenimiento en las máquinas, que complementa la tabla de programación y permite calcular la programación detallada semana por semana.

En la Tabla 1 se describen las variables y los parámetros utilizados en el modelo matemático del algoritmo.

Tabla 1. Variables y parámetros

Variables	Significado
x_{ij}	Semana inicial de programación de la actividad i en la máquina j
Parámetros	Descripción
I	Índice de la actividad
J	Índice de la máquina
K	Índice de la semana
d_{ij}	Duración estimada de la actividad i en la máquina j
f_{ij}	Frecuencia (en semanas) con la que debe hacerse la actividad i en la máquina j
T_k	Tiempo total de programación de mantenimiento para la semana k

Se establece el problema de optimización como

$$\text{Min } z = \text{Máx } (T_k) \quad (1)$$

Sujeto a

$$T_k = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Si(k = x_{ij} + Wf_{ij}, d_{ij}, 0) \quad (2)$$

$$\begin{aligned} k &= 1, 2, \dots, nk = 1, 2, \dots, n \\ W &= \text{número entero mayor que } 0 \\ x_{ij} &\geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, m \end{aligned} \quad (3)$$

Para la solución, se plantea un algoritmo genético estándar. Los algoritmos genéticos funcionan de forma similar a la reproducción de los seres vivos. Se hace una

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3112>

analogía en la que cada uno de los genes de cada cromosoma representa una de las variables de la solución. La función objetivo se evalúa con los valores de las variables correspondientes al individuo.

Se propone un cromosoma que corresponde a un conjunto de semanas iniciales de programación de las actividades de mantenimiento. El primero de los genes es la semana en la que se programará por primera vez esta actividad en la primera máquina, el segundo es la semana para la segunda actividad de esa misma máquina y así sucesivamente, hasta programar la semana inicial de la última actividad de la última máquina. Los valores posibles para los cromosomas son números enteros mayores o iguales que 1 y menores o iguales que la frecuencia de repetición de la actividad

Población inicial

Inicialmente, se genera un conjunto de individuos ordenados por criterios empíricos, tales como: frecuencia de programación, duración, código o nombre de la máquina o de la actividad, etc., tanto en forma ascendente como descendente. La población restante se genera usando criterios meramente aleatorios.

Selección de padres

Se aplica una ruleta proporcional al valor de la función objetivo, en la que tienen mayor probabilidad de ser seleccionados los individuos que cuentan con menor tiempo total de desplazamiento. A cada individuo le corresponde una probabilidad inversamente proporcional a su valor de función objetivo (que se desea minimizar). De esta forma, las mejores soluciones (con menor tiempo total programación de mantenimiento en la semana más cargada) tendrán mayor probabilidad de ser elegidas. La elección se hace generando números aleatorios entre 0 y 1. El valor del número aleatorio se compara con la probabilidad acumulada y el individuo con esa probabilidad se elige como padre. En cada generación se eligen 2 padres para generar dos descendientes.

Cruzamiento

Siguiendo el operador SJkOX, adaptado de [6], se copian primero en el mismo orden los elementos que están en ambos padres en los mismos lugares. Luego se toma para el primer descendiente la misma secuencia del primer padre en el mismo orden, hasta el punto de cruce. De allí en adelante se complementa con los genes no incluidos hasta el momento, tomándolos del otro padre en su mismo orden relativo. Para el segundo descendiente, se toman del segundo padre en la misma secuencia a partir del punto de cruce y se complementan los genes faltantes, incluyéndolos antes del primer punto de cruce en el mismo orden relativo que tienen en el primer padre.

Mutación

Con una probabilidad μ , menor que 0.3, se hace mutación intercambiando arbitrariamente de posición dos productos seleccionados aleatoriamente dentro del descendiente, se aplica el operador ARB2 [7].

Actualización de la población

Ambos descendientes compiten por aparte contra el elemento de mayor valor de la función objetivo de la población previa. El ganador del torneo queda en la población y el otro se desecha.

Criterio de parada

El proceso se repite hasta que pase un número fijo de iteraciones, sin llegar a un nuevo mejor valor de la función objetivo que supere al mejor conocido hasta ese momento.

3. EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS

El algoritmo se implementó en un aplicativo de software diseñado por los autores y se aplicó a un conjunto de datos basado en una empresa del sector agroindustrial.

El conjunto de datos de entrada se presenta en la Tabla 2 y representa un conjunto de actividades de mantenimiento a programar en un conjunto de máquinas.

Tabla 2. Actividades a programar

Equipo	Actividad	Duración	Frecuencia
22303-15	L09	1,00	24
22303-15	M07	0,17	24
EE104-99	E08	0,00	156
EE104-99	M07	0,17	156
EE104-99	E05	0,00	156
EE105-99	E08	0,00	52
EE105-99	M07	0,17	52
EE106-99	E08	0,00	52
EE106-99	M07	0,17	52
07307-00	L09	1,00	48
07307-00	M07	0,17	48
07307-10	L09	1,50	48
07307-10	M07	0,17	48
EN162-99	L09	2,00	24
EN162-99	M07	0,17	24
EN162-99	M06	0,08	24
25302-40	L09	2,50	8
25302-40	M07	0,17	8
25301-40	L09	2,50	8
25301-40	M07	0,17	8

El algoritmo se ejecutó con 8 configuraciones diferentes de acuerdo con un diseño 2^3 , aplicando el procedimiento mostrado en [8] de la forma que se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Diseño experimental de las pruebas

Diseño	Población (A)	Prob Mutación (B)	Iteraciones (C)
1 (1)	10	0,1	1000
2 a	19	0,1	1000
3 b	10	0,2	1000
4 ab	19	0,2	1000
5 c	10	0,1	2000
6 ac	19	0,1	2000
7 bc	10	0,2	2000
8 abc	19	0,2	2000

Cada una de las combinaciones se probó 30 veces y se obtuvieron los resultados presentados de manera resumida en la Fig. 1.

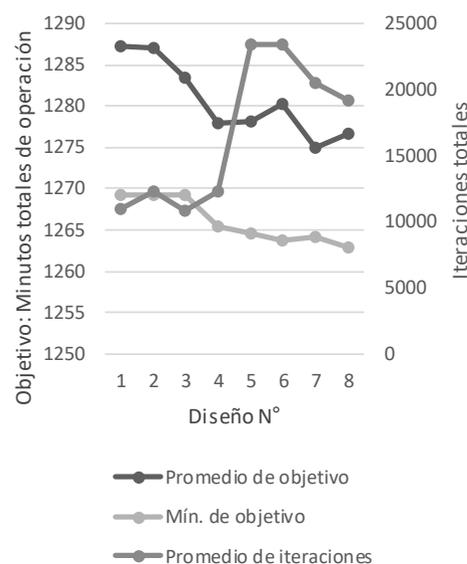


Fig. 1: Resultados en minutos totales de operación e iteraciones totales para llegar al resultado

Se puede apreciar que el algoritmo consigue una respuesta mejor cuando se trabaja con un mayor número de generaciones y una mayor probabilidad de mutación. Según el análisis de varianza que se muestra en la Tabla 4, los factores principales B (la tasa de mutación) y C (las iteraciones) y la interacción AC (población, iteraciones) muestran probabilidades inferiores a α y diferencias significativas que indican la alta incidencia de esos factores en el resultado. El mayor aporte lo muestran los factores B y C con el 7,8% y el 12,6% de participación en

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3112>

la suma de cuadrados total. Como en ambos casos los efectos netos en los contrastes son negativos, ambos contribuyen a minimizar el valor de la función objetivo, cuando están en su nivel alto (Probabilidad de mutación = 0,2 y 2000 iteraciones).

Tabla 4. Análisis de varianza función objetivo

Factor	Suma Cuadrados	%	gl	Cuadrado Medio	F	Prob
A	15,59	0,1%	1	15,59	0,25	0,62
B	1497,45	7,8%	1	1497,45	23,84	0,00
C	2429,84	12,6%	1	2429,84	38,68	0,00
AB	128,26	0,7%	1	128,26	2,04	0,15
AC	334,53	1,7%	1	334,53	5,33	0,02
BC	149,39	0,8%	1	149,39	2,38	0,12
ABC	82,08	0,4%	1	82,08	1,31	0,25
ERROR	14572,54	75,9%	232	62,81		
TOTAL	19209,68	100,0%	239			

Los resultados corroboran la hipótesis de que es posible mejorar la eficiencia de la programación del mantenimiento. Si se comparan los resultados del algoritmo con otras alternativas como los ordenamientos por variables propias del problema (la frecuencia o la duración), tanto en forma ascendente como descendente, se encuentra un tiempo total de operación entre un 8% y un 20% menor con la aplicación del algoritmo, como se aprecia en la Fig. 2.

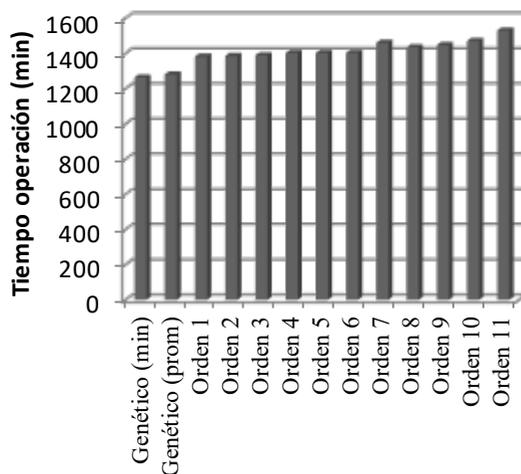


Fig. 2: Tiempos totales de operación según diferentes ordenamientos

Se prueba que se logra reducir la variación de tiempo entre las diferentes semanas de programación de mantenimiento si se tiene una programación equilibrada sin exceso de tiempo ocioso ni saturación de los recursos. Aunque el algoritmo en su diseño tiene componentes aleatorios y, por lo tanto, no garantiza el óptimo global ni permite conocer qué tanto se acerca a este, sí hay consistencia entre los resultados que muestran valores promedio significativamente mejores que las alternativas de ordenamiento contra las que fueron comparadas, y contra el ordenamiento aleatorio que representaría una asignación del espacio sin utilizar ninguna heurística ni herramienta de optimización.

De otro lado, el tiempo de procesamiento de la solución es competitivo en condiciones de entorno real, dado que genera soluciones aplicables en dos minutos o menos. Esto hace que la solución sea adaptable a la gestión de la programación de actividades de mantenimiento y puede proyectarse a otros escenarios.

4. TRABAJOS FUTUROS

Este trabajo ha sido el abre bocas para una segunda fase en la cual se puede extender el proyecto a otras zonas del país, pero también se puede ampliar la aplicación a otros sectores de la industria.

5. CONCLUSIONES

Se formula el problema de programación de mantenimiento como un modelo de optimización; se tiene como función objetivo minimizar el máximo tiempo semanal de mantenimiento preventivo. Dada la naturaleza combinatoria del problema, se propone una metaheurística (algoritmo genético) como estrategia de solución.

Los tiempos de procesamiento son apropiados para el uso de esta herramienta en el entorno real de programación del mantenimiento, dado que los resultados, en promedio, se obtienen en tiempos computacionales entre 20 y 135 segundos, por lo que facilita la reprogramación y los ajustes cada que sean necesarios. El resul-

tado del algoritmo muestra que, en promedio, se puede obtener soluciones más equilibradas, entre un 8% y 20% mejores que otras opciones como utilizar heurísticas de ordenamiento o soluciones aleatorias. La reducción de esos tiempos impactará tanto la eficiencia y el costo de operación del mantenimiento como la posibilidad de utilizar mejor los recursos de esa área de la empresa.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocen el apoyo de la Universidad Católica de Manizales para el desarrollo de esta investigación.

7. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran la inexistencia de conflicto de interés con institución o asociación comercial de cualquier índole.

8. REFERENCIAS

- [1] M. Fernández Cabanas, M. García Melero, G. A. Orcajo, J. M. Cano Rodríguez, y J. Solares Sariago, *Técnicas para el mantenimiento y diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas*. Barcelona: Marcombo, 1998. Disponible en: <https://books.google.com/books?id=X3p4bZfoqgEC&pgis=1>
- [2] F. C. Gómez de León, *Tecnología del mantenimiento industrial*. España: Universidad de Murcia, 1998. Disponible en: <https://books.google.com/books?id=bOrFC3532MEC&pgis=1>
- [3] J. L. Pombo, P. A. Laura, M. J. Maurizi, y L. E. Luisoni, *Mantenimiento predictivo mediante el análisis de vibraciones de máquinas*. Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, 1978. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=-HBjAAAAMAAJ>
- [3] C. A. Montilla, *Fundamentos de Mantenimiento Industria* (1a ed.). Pereira, Editorial Universidad Tecnológica de Pereira, 2016.
- [4] S. Nakajima, *Introducción al TPM (Mantenimiento Productivo Total)*. Tecnologías de Gerencia y Producción, 1992. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=sfBpSwAACAAJ>
- [5] R. A. Gallego, A. Escobar, y R. Romero, *Técnicas de optimización combinatorial*. Universidad Tecnológica de Pereira, 2006.
- [6] R. Ruiz, R., and C. Maroto, "A genetic algorithm for hybrid flowshops with sequence dependent setup times and machine eligibility". *European Journal of Operational Research*, vol. 169, no. 3, pp. 781–800, 2006. doi: 10.1016/j.ejor.2004.06.038
- [7] T. Murata, and H. Ishibuchi, "Positive and negative combination effects of crossover and mutation operators in sequencing problems". In *Proceedings of IEEE International Conference on Evolutionary Computation* (pp. 170–175). IEEE. doi: 10.1109/ICEC.1996.542355
- [8] D. C. Montgomery, *Diseño y análisis de experimentos* (2da ed.). México D. F.: Limusa Wiley. Disponible en: <https://juarezrd.files.wordpress.com/2013/09/disenodeexperimentos-montgomery.pdf>
- [10] Yu, Y., and R. B.M. de Koster, "On the suboptimality of full turnover-based storage", *International Journal of Production Research*, vol. 51, no. 6, pp. 1635-1647. doi: 10.1080/00207543.2011.654012.

Desarrollo de un aplicativo móvil y web que calcule la huella de carbono en el sector educativo y transporte

Development of a mobile and web application that calculates the carbon footprint in the education and transport sector

Jennifer Londoño Gallego*
Sebastián Londoño Marín**
Carlos López Romero***
Juan David Vahos Montoya****
Luis Ángel Escobar Castrillón*****
Santiago Rendón Pareja*****

(Recibido el 02-07-2019. Aprobado el 17-01-2020)

Estilo de citación de artículo:

J. Londoño Gallego, S. Londoño Marín, C. López Romero, J. D. Vahos Montoya, L. A. Escobar Castrillón y S. Rendón Pareja, "Desarrollo de un aplicativo móvil y web que calcule la huella de carbono en el sector educativo y transporte", *Lámpsakos*, (23), pp. 45-55. (enero-junio, 2020). DOI: 10.21501/21454086.3302

Resumen

Las actividades cotidianas que el hombre realiza provocan el incremento de los gases de efecto invernadero (GEI), los cuales se encuentran en la atmosfera de manera natural, pero, al aumentar su concentración, su tiempo de permanencia aporta un mayor potencial de calentamiento global, ya que sus concentraciones en el pasado fueron menores a las actuales. Todos los países industrializados generan la mayor contribución de estos GEI. Las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) hacen su aporte a la solución de esta problemática con herramientas que ayudan a determinar un índice de CO₂ (dióxido de carbono) que produce una actividad específica, el cual se mide en toneladas por año. La aplicación móvil y plataforma web se desarrollaron con el framework ágil SCRUM que contiene sprints y actividades que se agruparon en 4 etapas. Para la arquitectura de desarrollo se utilizó Microsoft.NET. Estas herramientas permiten realizar desarrollos en multiplataforma para diferentes sistemas operativos móviles como IOS o Android con el módulo Xamarin. Los resultados permitieron tener un cálculo de las emisiones generadas de CO₂, siendo más relevante aun la oportunidad de compensarlas por medio de las buenas prácticas adoptadas mediante sistemas agroforestales con especies introducidas o nativas.

* Tecnólogo en Formulación de proyectos. Investigador, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro de Servicios y Gestión Empresarial. Grupo de Investigación GIGA, Medellín-Colombia. Contacto: jalondono4035@misena.edu.co

** Tecnólogo en Formulación de Proyectos, investigador, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro de Servicios y Gestión Empresarial. Grupo de Investigación GIGA, Medellín-Colombia. Contacto: slondonom@sena.edu.co

*** Tecnólogo en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro de Servicios y Gestión Empresarial. Grupo de Investigación GIGA, Medellín-Colombia. Contacto: clopez030@misena.edu.co

**** Ingeniero Ambiental, instructor, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro de Servicios y Gestión Empresarial. Grupo de Investigación GIGA, Medellín-Colombia. Contacto: jdvahos@misena.edu.co

***** Administrador de Empresas, instructor, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro de Servicios y Gestión Empresarial, Medellín-Colombia. Contacto: luisescobarcastrillon@gmail.com

***** Ingeniero Agrónomo, investigador, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro de Servicios y Gestión Empresarial, Medellín-Colombia. Contacto: srendonp@sena.edu.co

Palabras clave: Desarrollo de Software; empresas de Transporte; Gases de efecto invernadero (GEI); Huella de carbono; Instituciones educativas; TIC; Compensación; Emisiones de CO₂; APP Móvil; Proyectos agroforestales; Plataforma Web.

Abstract

The daily activities that man carries out cause the increase of greenhouse gases (GHG), which are naturally found in the atmosphere, but by increasing their concentration, their residence time provides a greater potential for global warming, since its concentrations in the past were lower than the current ones. All industrialized countries generate the largest contribution of these GHGs. Information and communication technologies (ICT) make their contribution to solving this problem with tools that help determine a CO₂ (carbon dioxide) index produced by a specific activity, which is measured in tons per year. The mobile application and web platform were developed with the agile SCRUM framework, which contains sprints and activities that were grouped into 4 stages. For the development architecture, Microsoft.NET was used, these tools allow cross-platform developments for different mobile operating systems such as IOS or Android, with the Xamarin module. The results allowed to have a calculation of the CO₂ emissions generated, being even more relevant the opportunity to compensate them by means of the good practices adopted by agroforestry systems with introduced or native species.

Keywords: Software development; Transportation companies; Greenhouse gases (GHG); Carbon footprint; Educational institutions; TIC; Compensation; CO₂ emissions; Mobile APP; Agroforestry projects; Web platform.

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3302>

1. INTRODUCCIÓN

En el siglo XXI uno de los desafíos ambientales de más relevancia es la disminución de los altos índices de concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero (GEI), los cuales son responsables de aumentar la temperatura del planeta [1]. Estos sucesos generan un cambio climático que repercute en la salud y en el ambiente cada vez más, con efectos directos y frecuentes como el estrés calórico, los incendios, las inundaciones de agua, las tormentas, y los efectos indirectos, incluida la desnutrición por las prácticas de la planificación afectadas por el clima, lo cual repercute en las bajas cosechas y los patrones alterados de enfermedades infecciosas [2].

Las altas concentraciones atmosféricas de los GEI son responsables de aumentar la temperatura global del planeta, el 62.73% de estos gases son emitidos principalmente por China con un 29.71%, seguido por Estados Unidos con un 15.12%. Por su parte, Latinoamérica se posiciona como un gran emisor ya que emite el 10.2% de estos gases en sus sectores productivo y de transporte [3]. Se conocen 3 tipos de huellas: la ecológica, la hídrica y la de carbono [4]. La ecológica se encarga de las mediciones del impacto ecológico, en cuanto a la moderación de cantidades de agua y tierra necesarias para absorber los residuos tóxicos para que la población consuma, y la ecológica se encarga de medir el agua que se consume por personas y procesos industriales [5]; la de carbono mide el impacto que generan en el medio ambiente los gases de efecto invernadero (GEI) que se derivan de las actividades cotidianas e industriales que realiza la humanidad [6]. Estas huellas se calculan siguiendo normativas internacionales reconocidas, tales como ISO 14064, PAS 2050 o GHG Protocol que identifican rutas para reducir y controlar las emisiones y su impacto [7]. La huella de carbono se mide en masa de CO₂ equivalente, una vez conocido el tamaño y la huella, es posible implementar estrategias de reducción y/o compensación de emisiones.

Las tecnologías de la información y las comunicaciones hacen su aporte a la solución de esta problemática con herramientas TIC que ayudan a determinar el índice de CO₂ (dióxido de carbono) que produce una actividad

en específico, el cual, se mide en toneladas, pero que por falta de uniformidad en las metodologías y factores de emisión no permite ser comparado con otros sistemas. Actualmente, existen aplicaciones móviles y plataformas web para calcular la huella de carbono generada a modo personal y pocas en el sector empresarial, como se evidencia en la tabla 1.

Tabla 1. Comparativo de algunas calculadoras disponibles en la web y móvil

Nombre y tipo	Enfoque	Destacable	Dificultad y transparencia
EPA Web	Individual: casa, transporte, estilo de vida	Contiene enlaces a otras calculadoras más especializadas	Dificultad media, con una plantilla de Excel manejable y con resultados a la vista
Global Footprint Web	Individual: casa, transporte, alimento, consumos y reciclaje	Animación que brinda información sobre el impacto de la huella	Alta dificultad. Va más allá de la huella del carbono y determina otros impactos ambientales en el estilo de vida
Cali Huella C Móvil	Individual: energía eléctrica, transporte, viajes aéreos	Promueve el desarrollo urbano bajo en carbono y resiliente al clima en Latinoamérica, a través de la huella de carbono como herramienta de gestión de las ciudades	La APP solo está disponible para la plataforma Android
CO2CERO Web y Móvil	Individual: casa, consumo, transporte, vuelo	Contiene información sobre el impacto de la huella y su compensación	La APP solo está disponible para la plataforma IOS
Terrapass Web	Individual: casa y transporte	Calcula consumos y permite compararlos con otras casas del área	Dificultad media enfocada en transporte aéreo. Es confusa, sin explicaciones

Las calculadoras en general están dirigidas a modo individual, determinan cómo cada individuo aporta a la generación GEI y métodos para mejorar su huella de carbono (HdC). El objetivo de este trabajo es realizar un aplicativo móvil que calcule las emisiones de CO₂ generadas por las empresas de transporte y el sector educativo, proponiendo la compensación por medio de

proyectos agroforestales administrados por herramientas TIC. Adicionalmente, una plataforma web para el sector educativo que ayudará a precisar y gestionar los cultivos agroforestales para la compensación del CO₂ emitido.

Evidenciando los factores anteriormente mencionados y buscando fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico a través de la estrategia del sistema de investigación desarrollo tecnológico e innovación del SENA (SENNOVA), el Centro de Servicios y Gestión Empresarial presenta el proyecto “Compensación de la Huella de Carbono mediante proyectos Agroforestales, administrados con herramientas TIC” con el fin de llevar herramientas TIC que puedan ser aplicadas para un impacto social y ambiental en el sector empresarial y educativo.

2. METODOLOGÍA

A partir de los resultados de una fase de aprestamiento del proyecto, en la que se realizó un estudio de cómo calcular la huella de carbono y posibles maneras de compensación de la misma en instituciones educativas y empresas del sector de logística de transporte, se procedió con el diseño de una aplicación móvil y una plataforma web, para lo cual se utilizó la metodología de desarrollo ágil SCRUM que permite identificar tareas, establecer equipos y administrar el tiempo de manera más efectiva, siendo una estrategia de desarrollo incremental, en lugar de la planificación y ejecución completa del producto [9]. Teniendo en cuenta que el producto final de la investigación es una plataforma web y una aplicación móvil, se determinaron entregables definidos en 4 etapas, las cuales se ilustran en la Fig. 1.

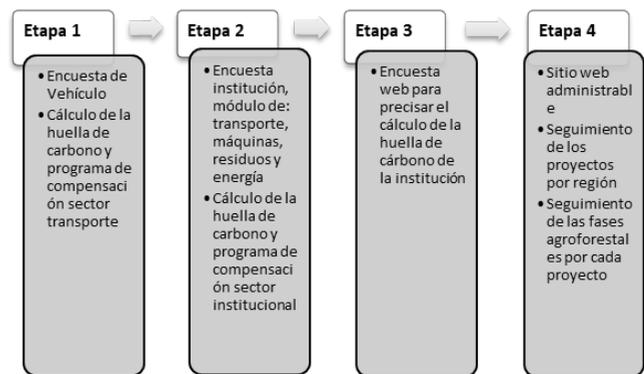


Fig. 1. Etapas de la metodología

En cada entregable el cliente (Servicio Nacional de Aprendizaje SENA) constantemente realizaba una retroalimentación de los requerimientos necesarios para la ejecución de las tareas, lo que permitió establecer los diferentes sprint (intervalo prefijado durante el cual se crea un entregable de desarrollo) necesarios para llevar a cabo el desarrollo de cada uno de los entregables ya establecidos.

Etapa 1

Primero se establecieron las preguntas de la encuesta, las cuales fueron enfocadas al sector de transporte de carga pesada, luego se estableció la metodología para el cálculo de las emisiones de CO₂ y para el programa de compensación.

Etapa 2

Al igual que en la etapa anterior se establecieron las preguntas, pero esta vez enfocadas al sector educativo; cabe destacar que para este sector la cantidad de preguntas es mayor en vista de que la emisión del CO₂ se genera en gran medida por el transporte usado por el personal de la institución, las máquinas utilizadas, residuos generados y energía consumida.

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3302>

Etapa 3

Con el propósito de consolidar el total de toneladas de emisiones generadas, se realiza posteriormente una encuesta web al personal administrativo y estudiantil con el fin de totalizar las toneladas de CO2 emitidas por la institución.

Etapa 4

En esta etapa se desarrolló una aplicación web que cuenta con un rol administrativo encargado de gestionar los proyectos de aquellos usuarios (instituciones educativas y empresas de transporte) que desearon compensar a través de la siembra de árboles.

3. ESTRUCTURA DEL PROYECTO

Para el desarrollo de la aplicación móvil y de la plataforma web se usó Microsoft .NET. Se trata de una plataforma para el desarrollo de software, la cual es de propósito general, pues permite realizar desarrollos web, programas de escritorio o aplicaciones para dispositivos móviles, teniendo como gran ventaja el desarrollo multiplataforma, en el que una misma aplicación puede ejecutarse en los diferentes sistemas operativos móviles como IOS o Android [10].

Teniendo en cuenta lo anterior, se utilizó Xamarin, plataforma de tecnología .NET que permite desarrollar aplicaciones para iOS y Android utilizando código C# (lenguaje de programación orientado a objetos estandarizado por Microsoft), permitiendo compartir código entre plataformas hasta un 75% (usando Xamarin clásico) o hasta 100% (usando Xamarin.Forms), como en el caso del proyecto "Huella de Carbono". No obstante, para el desarrollo de ambas plataformas en preciso tener en cuenta que para el sistema operativo IOS, sin importar que Xamarin sea una tecnología de Microsoft, es necesario un equipo de cómputo Mac y, probablemente,

un dispositivo móvil físico en el cual se puedan realizar pruebas, ya que los emuladores se pueden quedar cortos.

Por otra parte, para estructurar un aplicativo de software es frecuente usar patrones de diseño, los cuales son soluciones prediseñadas para problemas comunes que se encuentran a la hora de desarrollar un software [11]. Aunque una aplicación sea única, tendrá partes comunes con otras aplicaciones como el acceso a datos, creación de objetos, operaciones entre sistemas, etc. En lugar de invertir recursos para inventar soluciones, se usan las ya existentes que están probadas y documentadas por multitud de programadores.

Para el caso del aplicativo móvil se utilizó el patrón de desarrollo Modelo-Vista-Vista-Modelo (MVVM) que permite separar o desacoplar la interfaz de usuario del resto del código [12], dividiendo la aplicación en tres capas, como se ilustra en la Fig. 2.



Fig. 2. MVVM (Modelo-Vista-Vista-Modelo).

El modelo representa la capa de datos y/o la lógica de negocio, contiene la información de la aplicación y las diferentes clases que están directamente relacionadas con las entidades del modelo de datos o elementos que se utilizan en la lógica de negocio de la aplicación, pero, hay que considerar que debe tener las acciones o servicios que la manipulan y en ninguna circunstancia depender de alguna de las vistas.

El modelo de vista tiene como responsabilidad ser un intermediario entre el modelo y la vista, aquí es donde se debe desarrollar toda la lógica de presentación, haciendo disponibles los métodos, comandos y otros puntos de acceso que ayudan a mantener el estado de la vista, permitiéndole comportarse como una abstracción de la interfaz de usuario. La comunicación entre ambas es por medio de enlaces de datos

Por el lado de la vista, el objetivo es mostrar los datos a través de elementos visuales. La vista está creada por un lenguaje declarativo como XAML (lenguaje extensible para marcado de aplicaciones) por sus siglas en inglés eXtensible Application Markup Language, el cual permite que el usuario final pueda interactuar correcta y fácilmente con las interfaces creadas en cada tipo de rol. Las vistas son un componente de los patrones de diseño de software; en el patrón de diseño MVVM las vistas son activas, ya que se crean enlaces entre los componentes de la UI (interfaz de usuario) y el código, por este motivo necesitan tener conocimiento del modelo subyacente que la representa para así cumplir su objetivo.

Para la aplicación se construyó un API (Application Programming Interfac), creada con una tecnología de Microsoft llamada ASP.NET WebAPI, la cual facilita la creación de servicios HTTP disponibles para una amplia variedad de clientes como páginas web y dispositivos móviles. Dicha API se usa para establecer una comunicación con una base de datos, creada específicamente para almacenar la información necesaria para la retroalimentación de la aplicación. Se usó una base de datos relacional.

El diagrama permite realizar un modelo de datos más fácil, ya que provee una idea general de los atributos, tipo de datos y relaciones necesarias para la construcción de cada una de las tablas requeridas para el desarrollo.

4. RESULTADOS

Se obtuvo una aplicación móvil y una plataforma web llamada "Huella de carbono" que busca que las instituciones educativas y empresas del sector transporte conozcan por medio del aplicativo móvil su emisión de CO₂, a través de una sencilla encuesta que permite co-

nocer la huella de carbono que están generando y estimar la compensación con un programa de siembra de árboles.

Esta es una aplicación interactiva que permite al usuario ubicarse de forma fácil y práctica en el desarrollo de la encuesta. La aplicación huella de carbono se encuentra disponible en las tiendas APP STORE de iOS y PLAY STORE de Android con el nombre de Huella de Carbono SENA. Para realizar la encuesta debe iniciar sesión, como se muestra en la Fig. 3



Fig. 3. LOGIN APP Móvil

Posteriormente, en la Fig. 4 se ilustra la bienvenida al usuario, en esta se contextualiza y se da a conocer información específica acerca del propósito y origen de la encuesta, también el uso de las herramientas TIC para la implementación del proyecto y su factor innovador, dando reconocimiento a los aportes del SENA y SENNOVA.

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3302>



Fig. 4. Bienvenido

Con el fin de conocer la emisión de CO₂ de las instituciones educativas, se realizó una ardua investigación de las causas que generan esta problemática en el medio ambiente, además de los factores que influyen en el cálculo de la huella de carbono. Se llegó a la conclusión que hay cuatro aspectos relevantes que intervienen en dicho cálculo: vehículos, máquinas, residuos y energía. Allí se evalúa, por ejemplo, el tipo de combustible que usan los vehículos y las máquinas, la cantidad de residuos sólidos y reciclables generados, el consumo de energía y gas natural, entre otros, para así hacer un cálculo preciso, como se muestra en la Fig. 5.

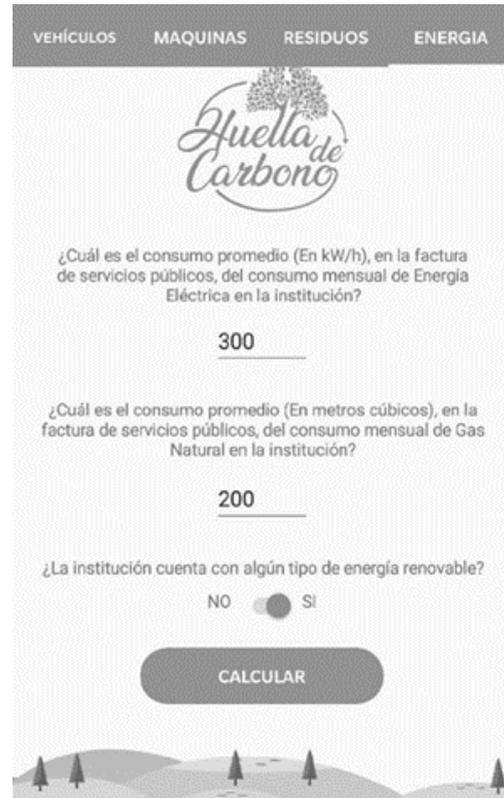


Fig. 5. Encuesta Institución

El cálculo de las empresas de transporte es diferente, pues solo se calcula la huella de carbono de la flota de vehículos, mas no de la empresa en sí misma. Este cálculo se realiza conociendo la cantidad de vehículos por cada tipo de combustible, sea gasolina, gas natural o diésel y los kilómetros que recorren en promedio semanalmente; la Fig. 6 muestra cómo se realiza la solicitud de los datos para obtener el cálculo preciso de las emisiones de CO₂ de la flota de la empresa.

Huella de Carbono

¿Cuántos de los vehículos utilizan gasolina?
 2 50 km.

¿Cuántos de los vehículos utilizan diesel?
 6 56 km.

¿Cuántos de los vehículos utilizan gas natural?
 5 80 km.

CALCULAR

Fig. 6. Encuesta transporte

Luego, en la Fig. 7 se ilustra el módulo cálculo, el cual da a conocer el resultado de la huella de carbono emitida por la institución según los datos dados en la encuesta anterior; este módulo solo está disponible para la institución educativa, mas no para las empresas de transporte. Este módulo tiene la oportunidad de precisar el cálculo, para así obtener un resultado más detallado, teniendo en cuenta a las personas que pertenecen a la institución, como funcionarios y estudiantes, pues también contribuyen a las emisiones de CO₂ de esta.

Huella de Carbono

Su huella de carbono es
 1698.24 Toneladas de CO₂

¿Desea precisar el calculo?

SÍ **NO**

Fig. 7. Cálculo

Al precisar el cálculo, se lleva al usuario a una encuesta web como se muestra en la Fig. 8, dicha encuesta debe ser diligenciada por los funcionarios y estudiantes de la institución, allí se realizan preguntas que los relacionan con la misma.

Huella de Carbono

¿Cuál medio de transporte usa para llegar a la institución?
 Automóvil

Tipo de combustible que usa el vehículo

¿Con cuántas personas comparto usted su vehículo?

Distancia en kilómetros recorridos en un día hábil

Fig. 8. Encuesta Web.

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3302>

Con el fin de compensar la huella de carbono emitida por la institución o empresa de transporte, en la Fig. 9 se propone la compensación por medio de un programa de siembra de cultivos agroforestales, donde se dispone de diferentes tipos de árboles y zonas.



Fig. 9. Propuesta de compensación

Una vez generado el proyecto de compensación, el usuario ingresa al módulo “mis proyectos” en el que se listan las compensaciones agroforestales que deben ser aprobadas o canceladas por el administrador de la plataforma de acuerdo con la capacidad disponible del área para la siembra de los cultivos, dando por finalizando el ciclo del proceso.



Fig. 10. Mis proyectos.

5. TRABAJOS FUTUROS

A través de un macroproyecto se pretende que el Sena articule en el ámbito institucional los centros de formación que cuentan con hectáreas de terreno disponibles para la siembra de árboles, los cuales se pueden ofertar a las empresas que deseen compensar porcentualmente la huella de carbono emitida anualmente.

6. CONCLUSIONES

Para el desarrollo de la aplicación “Huella de carbono” fue necesario realizar un análisis de los diversos requisitos planteados por las áreas estudio de caso (empresas del sector de transporte e instituciones educativas), de esta forma se lograron establecer las funcionalidades de cada fase.

Se realizó un aplicativo móvil con un patrón de diseño MVVM (Modelo-Vista-Vista-Modelo), el cual separa la interfaz de usuario de la lógica del negocio, permitiendo que la móvil y la web consuman la información de la misma base de datos.

El diseño es pensado en un estilo flat (plano) para dar una mejor experiencia de usuario y mejor usabilidad y concordancia con la identidad del proyecto. Se usaron distintas gamas de verdes y azules para dar una ambientación natural, además de escenarios relacionados con la pregunta respectiva para hacer la aplicación más agradable a la vista del usuario.

Los factores de emisión deben permitir que los ensayos sean reproducibles en otras instituciones, aprendices o medios de transporte.

Comenzar a generar conciencia sobre el uso no discriminado de combustibles y el aprovechamiento materiales reciclables.

7. AGRADECIMIENTOS

Al Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación SENNOVA por la financiación y ejecución del proyecto: Compensación de la Huella de Carbono mediante proyectos agroforestales, administrados con herramientas TIC, bajo el número de radicado SGPS-1628-2017.

A Sandra Milena Velásquez, Líder SENNOVA, Centro de servicios y gestión empresarial, por la gestión en la adquisición de los equipos y plataforma tecnológica para el despliegue del aplicativo. A la practicante Juliana Deantonio por el diseño de la experiencia de usuario para la aplicación móvil y plataforma web.

Al equipo de logística y transporte liderado por Diego Orozco, por la información suministrada para la calculadora de transporte. A Isabel Díaz, líder SENNOVA Centro del Diseño y Manufactura del Cuero, por suministrar información para calibrar el modelo de la calculadora de huella institucional).

8. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran la inexistencia de conflicto de interés con institución o asociación comercial de cualquier índole.

9. REFERENCIAS

- [1] IPCC, "Cambio climático 2007: Informe de síntesis". Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación. Ginebra, Suiza, 2007.
- [2] A. Costello et al., "Managing the health effects of climate change", *Lancet*, vol. 373, no. 9676, pp. 1693-1733, 2009. doi: 10.1016/S0140-6736(09)60935-1.
- [3] Parlamento Europeo, "Emisiones de gases de efecto invernadero por país y sector (infografía)", 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20180301STO98928/emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-por-pais-y-sector-infografia>
- [4] R. Ewing, and F. Rong, "The Impact of Urban Form on U.S. Residential Energy Use", *Housing Policy Debate*, vol. 19, no. 1, pp. 37-41, 2008. doi: 10.1080/10511482.2008.9521624
- [5] A. Y. Hoekstra, and y M. M. Mekonnen, "The water footprint of humanity", *PNAS*, vol. 109, no. 9, pp. 3232-3237, 2012. doi: 10.1073/pnas.1109936109
- [6] H. Schneider, and y J. Samaniego, "La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios", CEPAL República Fr., (FRA/08/004), 2009.
- [7] G. E. Sinden, "The contribution of PAS 2050 to the evolution of international greenhouse gas emission standards" *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 14, 195-203, 2009. doi: 10.1007/s11367-009-0079-3

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3302>

- [8] J. O. Valderrama, C. Espíndola, y R. Quezada, "Huella de Carbono, un Concepto que no puede estar Ausente en Cursos de Ingeniería y Ciencias", *Formación Universitaria*, vol. 4, no 3, pp. 3-12, 2011. doi: 10.4067/S0718-50062011000300002
- [9] H. Lei, F. Ganjeizadeh, P. K. Jayachandran, and P. Ozcan, "A statistical analysis of the effects of Scrum and Kanban on software development projects", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 43, pp. 59-67, 2015. doi: 10.1016/j.rcim.2015.12.001
- [10] C. Espinoza-Galicia, A. Martínez-Endonio, M. Escalante-Cantu, y R. Martínez-Rangel, "Implementación de plataforma Web y aplicaciones móviles mediante buenas prácticas usando tecnología .NET," *Revista de Tecnologías de la Información y Comunicaciones*, vol. 1, no. 1, pp. 42-49, 2017. Disponible en: https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Tecnologias_de_la_Informacion_y_Comunicaciones/vol1num1/Revista_de_Tecnologia_de_la_Informacion_y_Comunicaciones_V1_N1_6.pdf
- [11] J. A. Vallejo Bermeo, "Estudio comparativo de los patrones para desarrollo del sitio de gestión de ventas para vidrialum", tesis de grado de maestría, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Ecuador, 2014.
- [12] A. Blanch Cortès, "Desenvolupament d'una app per a Android de la cartellera de cinema en català utilitzant MVVM i Android Architecture Components", Treball de Final de Grau, Facultat d'Informàtica de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, 2018. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/5cbd/b530cf67b4207ef7b3206b5acc4d47147183.pdf>

The Hardy Cross method and its implementation in Spain

El método Hardy Cross y su implementación en España

Josep Maria Pons*

(Recibido el 31-10-2019. Aprobado el 07-02-2020)

Estilo de citación de artículo:

J. M. Pons, "The hardy cross method and its implementation in Spain", *Lámpsakos*, (23), pp. 56-69. (enero-junio, 2020). DOI: 10.21501/21454086.3402

We do not need more than a piece of paper and a pencil to carry out the analysis of any reticular structure.

Carlos Fernández Casado

Abstract

In May 1930, Hardy Cross (1885-1959) published an article called 'Analysis of continuous frames by distributing fixed-end moments' in the American Society of Civil Engineers (ASCE). This article proposed a new approach to Structural Theory, and its relevance could be compared to that of the Three Moments Theorem (also known as the Clapeyron Theorem). The Cross method, as this calculation methodology has been often called, had remarkable significance from the moment it came out until the 70s, when new calculation methods became popular.

In the present article, we will be trying to evaluate its impact in locations far from its origins; in particular, how it was understood and formulated in Spain. As will be demonstrated, the importance of this method was extremely relevant for the construction of new buildings and the implementation of new industries, which started to appear in a decisive moment for the development of the country. Even though the Hardy Cross method was the most widely used methodology at the time, two other procedures were also available; namely, the Kani and the Takabeya methods, methods that would also appear in the technical bibliography of the time. Despite the infrequent implementation of these other methods, we have briefly referred to both of them in the present paper. *This article aims to show the relevance of the Cross method as well as its early implementation in Spain, by using academic bibliography of that time.*

Keywords: Cross method; Kani method; Takabeya method; Structural analysis; Iterative methods; Hardy Cross; Gaspar Kani; Carlos Fernández Casado.

* Doctor Ingeniero Industrial, Profesor en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial (ETSEIB) - Universidad Politécnica de Cataluña.
. Contacto: josep.maria.pons@upc.edu, Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1876-0772>

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3402>

Resumen

En mayo de 1930, Hardy Cross (1885-1959) publicó un artículo titulado “Análisis de Marcos Continuos Mediante la Distribución de Momentos de Fin Fijo” en la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE). Este artículo propuso un nuevo enfoque de la teoría estructural, y su relevancia podría compararse con la del Teorema De Los Tres Momentos (también conocido como el Teorema de Clapeyron). El método Cross, como se ha llamado a menudo esta metodología de cálculo, tuvo notable importancia desde el momento en que salió hasta los años 70, cuando los nuevos métodos de cálculo se hicieron populares. Este método, así como muchas de aplicaciones adicionales, ha generado un gran número de artículos. En el presente artículo, intentaremos evaluar su impacto en lugares alejados de sus orígenes; en particular, cómo se entendió y formuló en España. Como se demostrará, la importancia de este método era extremadamente relevante para la construcción de nuevos edificios y la implementación de nuevas industrias, que comenzaron a aparecer en un momento decisivo para el desarrollo del país. Aunque el método de Cross era la metodología más utilizada en ese momento, también se disponía de otros dos procedimientos a saber, los métodos Kani y Takabeya, métodos que también aparecerían en la bibliografía técnica de la época. A pesar de la infrecuente aplicación de estos otros métodos, nos hemos referido brevemente a ambos en el presente documento. Este artículo tiene como objetivo mostrar la relevancia del método Cross, así como su pronta implementación en España, utilizando la bibliografía docente de la época.

Palabras clave: Método Cross; Método Kani; Método Takabeya; Análisis estructural; Métodos repetitivos; Hardy Cross; Gaspar Kani; Carlos Fernández Casado.

1. INTRODUCTION

The Hardy Cross method has a clear aim, which is specified in the abstract of its first publication.

The purpose of this paper is to explain briefly a method which has been found useful in analyzing frames which are statistically indeterminate. The essential idea which the writer wishes to present involves no mathematical relations except the simplest arithmetic [1].

It is relevant to point out that at the time when the article was published (Fig. 1), the most common calculation methods were the Three Moment Theorem and the Slope-Deflection method. The first had been proposed by *Benoît Clapeyron* (1799-1864) [2], and the second had been created by *Wilbur M. Wilson* and *George Alfred Maney* [3], from the University of Illinois (1915). It is important to add, however, that one year before, *Axel Bendixen* had published the *alpha equations method for the resolution of portal structures* [4]. This proposed a similar formulation to the Wilson and Maney approach by focusing on the importance of the rotation and the displacements when calculating the state of a certain structure. These methods were simple in terms of their application but presented the difficulty of having to solve a system of n equations and n unknowns (depending on the type of structure). Therefore, the proposition of a faster calculation method was an extremely attractive prospect for structural analysts.

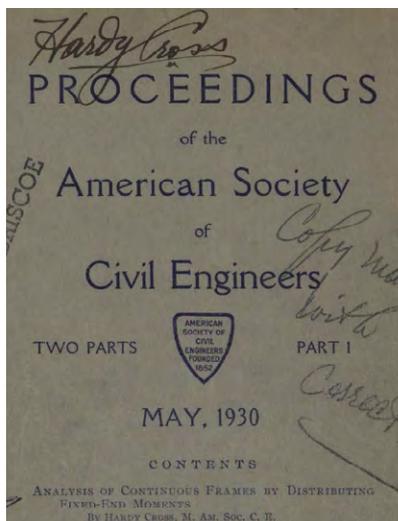


Fig. 1 American Society of Civil Engineers [1]

As a result of the proposal of the Cross method, the world of structural analysis changed dramatically. This change happened in the US, but it is also important to highlight the proliferation of so-called iterative methods in other countries. These alternative methods are presented in the following table, as well as further data on their place of origin and time when they appeared:

Table 1. The Cross, Kani and Takabeya methods, ordered according to relevance (in terms of bibliography)

Method	Cross		Kani	Takabeya	
Owed to	Hardy (1885-1959)	Cross (1910-1968)	Gaspar Kani (1910-1968)	Fukuhei (1893-1975)	Takabeya
Year	1932		1949	1938	
Country	US		Serbia	Japan	

From the moment of publication onward, the bibliography on the subject of the Cross method started to increase rapidly, and so did correspondent translations to multiple languages [5]. However, it is important to state that in the present article we will be focusing on the method's impact in Spain, regardless of its huge relevance all around the world.

The Cross method in Spain

Its application started in the 30s, due to *Carlos Fernández Casado* (1905-1988), a remarkable civil engineer [6]. In reference to the North American's method he said: "we immediately adopted that calculation method for our projects and it appeared for the first time in a public tender in 1932, where we used a load simplification and symmetry on structures". It is relevant to state that *Carlos Fernández Casado* had already heard of the method since the time of its publication in 1930. From that moment on, its application had become increasingly more popular. It is well known that Spain suffered a tremendous civil war during the period 1936-1939 [7]. This situation, as well as its extremely long post-war aftermath, resulted in significant drawback for the economic development of the country. Eventually, the Spanish government set what was called *Plan de Estabilización* [8] (Plan of Stabilization), which was aimed at increasing economic activity. Indeed, this plan introduced several measures which helped the country start to recover economically. This plan explains the significant increase in the creation of

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3402>

new infrastructures, new buildings and new factories to stimulate this economic recovery. This growing economy led to a rush in new projects. The calculation methods that had been used until then soon became obsolete, so there was a need to either find new methodologies, or to reconsider alternative calculation methods, which was the case of the Cross method.

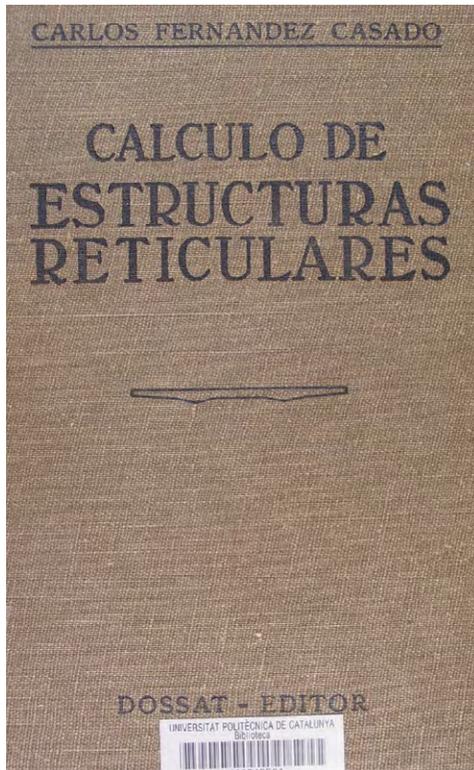


Fig. 2 *Cálculo de Estructuras Reticulares. Nudos rígidos*. Carlos Fernández Casado [9].

As a result, both technical engineers and students needed to learn the method in order to be able to apply it correctly. Carlos Fernández Casado, a very young but recognized engineer, was one of the most important disseminators of the method at the national level. Soon after, his book *Cálculo de Estructuras Reticulares. Nudos Rígidos* (Fig. 2) (*Resolution of reticular structures. Rigid Nudes*) became a must-have in every engineer's library and was considered the seminal reference book

for almost any engineering and architecture student at a Spanish university. In fact, its relevance shaped the knowledge of a whole generation of structural analysts.

Formulation of the Hardy Cross Method

Throughout the book, Fernández Casado highlighted the relevance of the Cross method, as it can be seen in the following passage.

We present a complete systematization of the Cross method. This method, considered by the Americans to be "the most valuable contribution to the structural analysis field during the first 30 years of the 20th century," solves in a much simpler and accurate way any kind of reticular structure, regardless of how complex it might be. There are calculation methods in which direct intuitions do not only focus on the point of start but also have an influence on the whole process, by giving to the calculation transformations a more valuable sense than the merely combinatory. The common points between the physical and mathematical realities are constant all along the process, and through abstract operations the reality of the physical phenomenon arises. It is to these kinds of methods that our adaptation of the Cross method refers [9].

In addition,

Practical advantages: by having the intuition of the physical phenomenon, which has to be developed through the Structural Theory, nothing more is required; the problems are solved without need of having to remember ingenious combinations, therefore in a simpler, safer and more pleasant way [9].

The dissemination of the method was extremely fast, and almost in every report on structural analysis there were examples fully or partially calculated through the Cross method (Figs 3-4).

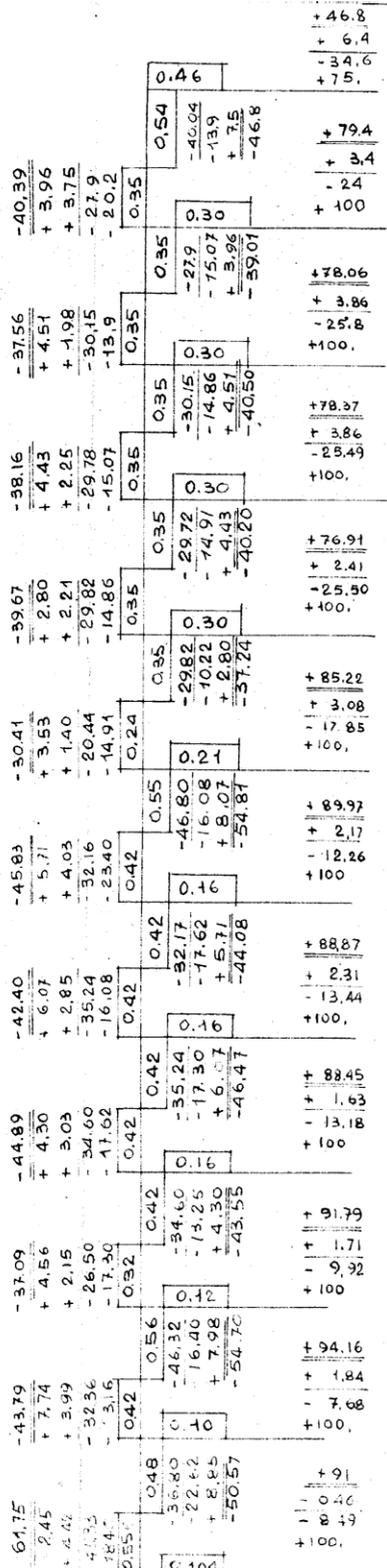


Fig. 3 Example of the Cross method (I). Barcelona Superior Technical College of Industrial Engineers [10].

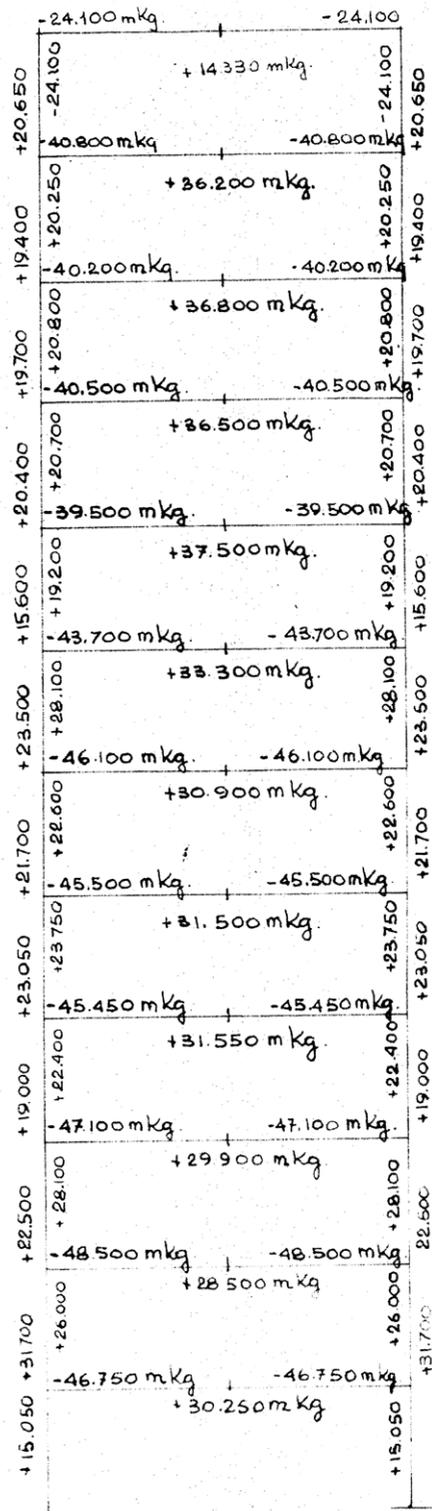


Fig. 4 Example of the Cross method (II). Barcelona Superior Technical College of Industrial Engineers [10].

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3402>



Fig. 5 Photo of the building during the construction (left) and at present time (right). Fuente: Barcelona Superior Technical College of Industrial Engineers.

Fernández Casado presents the method didactically and approaches it by showing the reader a wide variety of examples involving different geometries. Before setting the formulation of the method, he analyzes the 'bar' element. He states:

Provided that we are dealing with structures whose geometry is discontinuous and formed by bars, the method has to adapt to such decomposition, by using the 'bar' element as the reference unit and by understanding all the possible relations through this decomposition from the beginning [11].

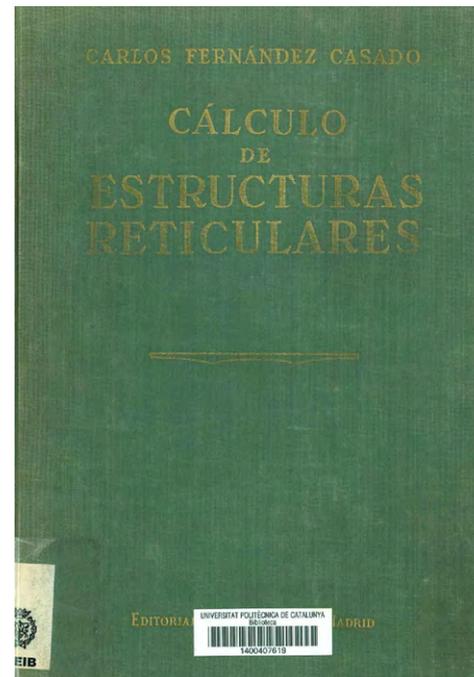


Fig. 6 *Cálculo de Estructuras Reticulares. Nudos rígidos*. Carlos Fernández Casado [12].

Once the relations on an isolated beam are known, we can focus on the study of the structure, understood as a set of bars;

The problem of the 'bar' can be reduced to the problem of determining the moments at the extremes of the correspondent beam; therefore, solving the problem of the whole set of bars will consist on finding these two moments for each beam of the structure [13].

The difficulty of the calculations of a set of bars, as it can be clearly seen in other analytical methods that have been used lately [14], is on the resolution of the associated linear system of equations, which becomes highly complex when the number of equations is very high. The Cross method solves this difficulty [15].

Another aspect that had traditionally been considered to be difficult and had been often omitted was the obtainment of the displacements. The Cross method was helpful as well in terms of easing this process.

Once these previous comments have been made, the author moves on to the formulation of the method. Again, he focuses on the informative goal of the article through a great number of illustrated examples to help both technical staff and students fully understand the procedure.

We start by considering a virtual structure with all nodes assumed completely rigid (in other words, these nodes cannot rotate nor have any displacements), and we will proceed to eliminate this additional stiffness by allowing rotations at first and allowing displacements in a further stage [17].

The steps that are considered are presented in the following table [17]:

- **First step.** Completely rigid nodes.
- **Second step.** Nodes allowed to rotate but no displacements.
- **Third step.** Displacements allowed on the nodes, but no rotation possible.
- **Fourth step.** Nodes allowed to both rotate and move.

Once the steps I and II have been carried out (these steps were named by the author as *fundamental stage*), the structure is solved in case it is non-translational; in other words, if there are no displacements on the structure (non-translational structure), the process is over and the moment diagram we have just obtained is the solution we are looking for. Once this moment diagram is obtained, it is very easy to obtain the rest of the diagrams, since the structure is isostatic.

We present right after an example of the Cross method (steps I and II), obtained from a calculation report from Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona (ETSAB) -Barcelona Superior Architecture College- (Figs. 7-8). This document was created in 1961-62 by the architect Eusebi Bona (1890-1972).

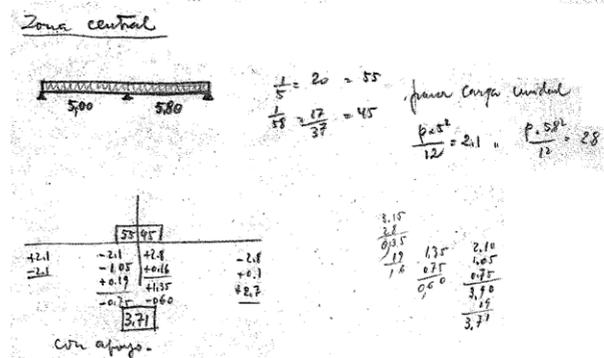


Fig. 7 Example of the Cross method. Fundamental stage [18]

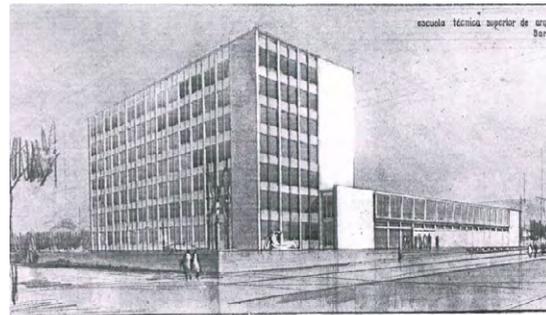


Fig. 8 Building during the design phase and at present time (right) [19].

Nevertheless, if the structure has horizontal displacements, commonly regarded as Δ , the structure is translational. This would be the case of non-symmetric structures, either with a non-symmetric geometry or non-symmetric loads. For these cases, we have to continue and apply the so-called *parametric stage*, which would correspond to the third and fourth steps of the method.

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3402>

Therefore, the final result is:

The values for the total moments can be deduced from the superposition of the ones obtained in step II with the ones we have just obtained in step IV, which have been previously multiplied by the corresponding coefficient [20].

The author describes these steps graphically:

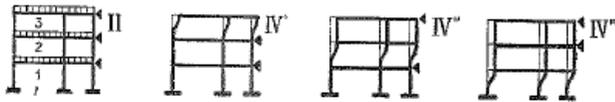


Fig. 9 Translational structure [15].

Further examples in the Kingdom of Spain

We wish to stress the pre-eminence of Hardy Cross's method in Spain, by way of some examples which showcase its influence on a number of structures solved using the Cross method.

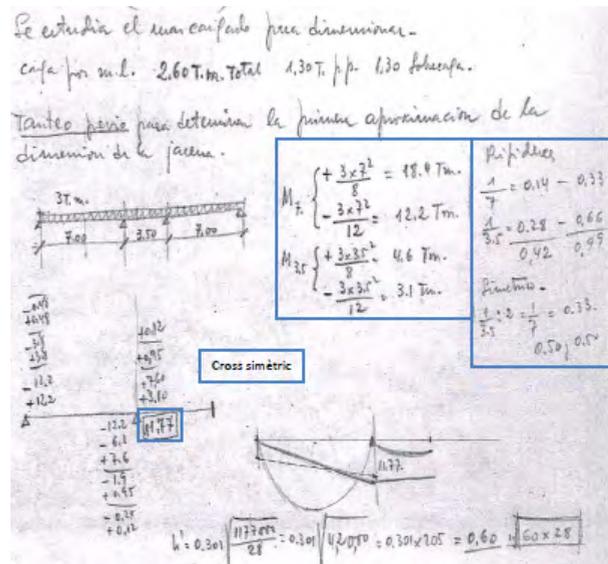


Fig. 11 Example of a continuous beam calculation. Barcelona Superior Architecture College [21].

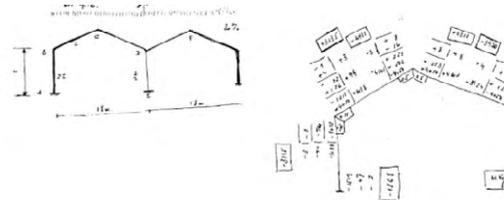


Fig. 12 Example of a gabled roof calculation [22].

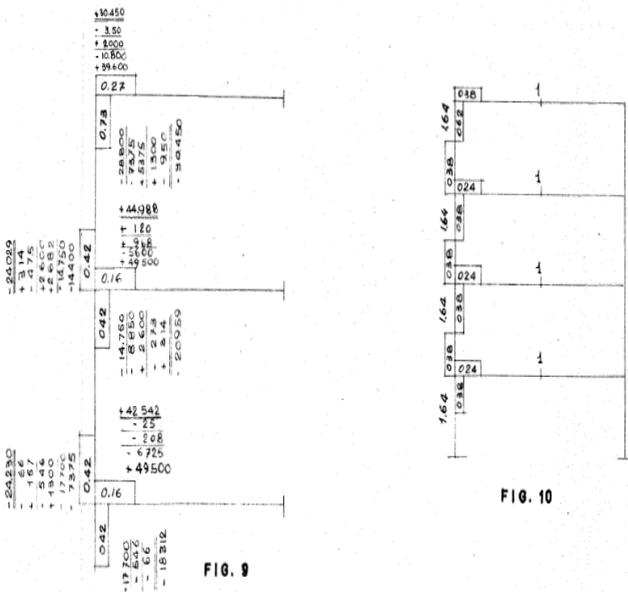


Fig. 10 Example of a porticoed structure calculation. Pavilions of the Barcelona Superior Technical College of Industrial Engineers [10].

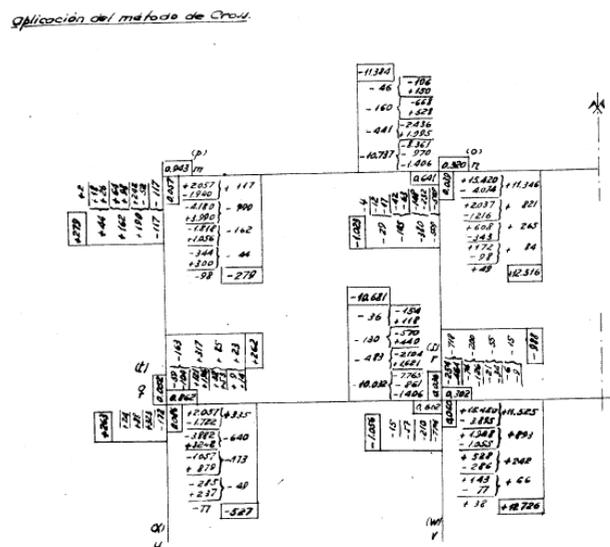


Fig. 13 Example of a concrete porticoed structure calculation [23].

Fig. 14 Hangar calculation [24].

Our intention was to show the reader instances of differing typologies in order to reassert the widespread applicability of the method which rendered the solution of any hyperstatic structural typology possible.

The previous examples are but a mere sample of the importance the method had in Spain, given that references to said calculation procedure has been found both in consulted reports and in multiple bibliographical and teaching references from that specific time..

Other calculation methods

The authors have decided to refer to two alternative calculation methods, which despite being conceptually correct and being explained in the technical bibliography of the time, were significantly less popular than the Cross method. In fact, we can even say that, at the present time, these methods have been forgotten, at least in Spain. These methods are commonly referred as the Kani and Takabeya methods, and were created by Gaspar Kani and Fukuhei Takabeya, respectively.

The Kani method: a forgotten calculation method

The Hardy Cross method has been the most widely used method of its kind, and the one that has generated the broadest bibliography in Europe, which may explain why the other two methods mentioned have not been used as often. However, the other methods have been pro-

ved to be equally valid and to provide correct results. In the following section, we will present the Kani Method (created by Gaspar Kani [25]).

The method

In 1949, Gaspar Kani presented a calculation method which provided an *exact result based on successive approximations* [26]. The author tried to address the problem of finding the horizontal displacements of a structure (as a response to the Hardy Cross method). Kani looked for an easier way to calculate the horizontal displacements.

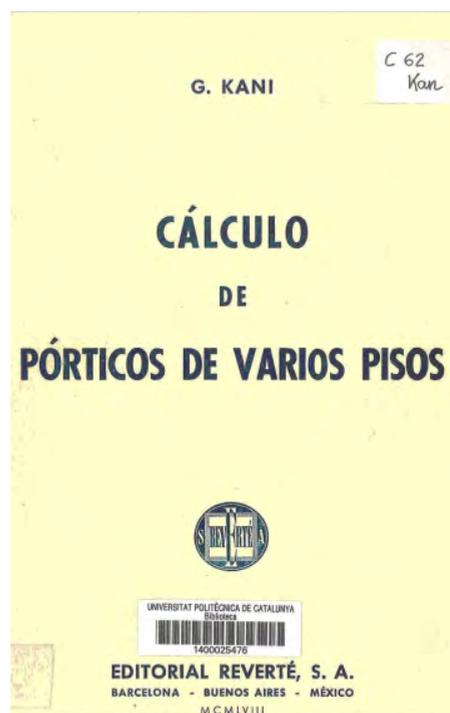


Fig. 15 *Cálculo de pórticos de varios pisos*, Spanish edition 1958 [27].

Carlos Fernández Casado referred to the method in the following way:

An interesting method within the group of the methods based on distributing moments, particularly suitable for structures that are composed by bars with constant inertia and are built as a grid [28].

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3402>

The bibliography associated with the method, when compared to the Hardy Cross method, is not abundant, as already noted. Indeed, this fact shows how the dissemination of this method was not as widespread. For instance, the book containing the Kani method was not edited in Spain until 1958, when the American method had already had a huge impact.

The advantages of the method with respect to other alternatives, the way Gaspar Kani saw it, are:

- By assuming rigid nudes (in other words, by not considering the possible displacements of the nudes), the calculations have a 'corrective' effect, so that, apart from saving time, this method allows the avoidance of mistakes.
- The consideration in the hypotheses that the nudes may have displacements induces a very small modification on the calculations, so it has a very limited impact.
- The process of checking the results can be made at every nude at any time, without the need of being aware of the calculations that have been done to reach the final result.
- In case the loads or the geometry of the bars were to be changed, the new solution would not have to be computed from scratch, since we will have to only compute again specific calculations [29].

Fundamentals of the method

The author introduces the method by starting from a hypothetical bar $i-k$ which is under a generic distribution of loads, like the one shown in Figure 16.

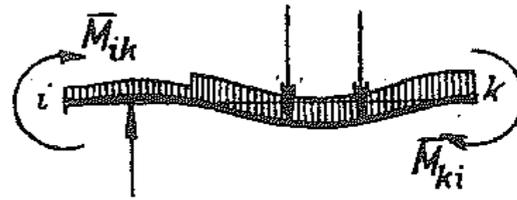


Fig. 16 Bar $i-k$ under a generic distribution of loads [29].

Both the nudes i and k will rotate a certain angle. The value of such rotation can be decomposed as a superposition of three stages which will lead to finding the values of the moments at the extremes.

Stage I

Embedded nude; bending because of the loads: definition of embedded moments M_{ik} .

In order to find these moments, the author recommends the following bibliography [29]:

- *Beton Kalender.*
- *Stahlbau Kalender.*
- *Takabeya Rahmentafeln.*

Stage II

The extreme i rotates a certain angle τ_i . The k extreme does not rotate (Fig. 17).



Fig. 17 The i extreme rotates an angle equal to τ_i [34].

Stage III

The k extreme rotates a certain angle τ_k . The i extreme does not rotate (Fig. 18)

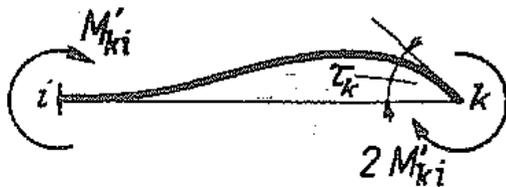


Fig. 18 The i extreme rotates an angle equal to τ_k [29].

Therefore, by applying the superposition principle, in the i extreme of the bar $i-k$ the value for the resultant moment will be:

In other words, the total moment can be found as a sum of the embedded moment, the moment due to the rotation of the opposite extreme and the moment due to the rotation at that point multiplied by two.

We can conclude by setting out once again how this method is perfectly valid and how it can reach a considerable level of accuracy, as Gaspar Kani proposed in his work.

An advantage of the method is that the errors committed along the computations are removed with the successive iterations. The probability of committing an error is very small since the method is based on repeating an extremely simple arithmetic operation where any misplacement of any sign is almost impossible. However, in case any error was made, this would not affect the global result, as long as this error has not been made on the subjection moments or the distributing coefficients.

We will consider the end of the process once the values we obtain are almost equal, and since the errors are highly improbable, we can assume this last value found from the iterative process is the correct value we are looking for [29].

The Takabeya method: another forgotten calculation method

On 1938, the Travaux Journal published an article named *Étude des ossatures de gratte-ciel composées de cadres rectangulaires et à joints rigides sous l'action du vent* [29], the article by Fukuhei Takabeya where a new calculation method was proposed. This is the methodology that would eventually be referred as the Takabeya method.



Fig. 19 Fukuhei Takabeya [30].

As it has been previously discussed, this is a method that had some importance in Spain (in terms of professional engineers being aware of the method). Still, it was not used at all in the field of structural calculations. According to the author:

In the project of modern constructions, the importance of the structural calculations increases every day. When a set of charges is applied to a rigid structure, its different elements undergo elastic deformations that are controlled by the rotations in its nudes and its own structural elements. In order to analyze the distribution of stresses in a structure, several methods exist, but they are difficult and tedious to use [31].

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3402>

It is especially interesting to point out how the author refers to the alternative methodologies from Hardy Cross and Gaspar Kani,

The Hardy Cross Method provides a practical solution to hyperstatic structures, but in case the nodes are not fixed (i.e., they can move when charges are applied), this method is not as useful as the one based on the deformation angles that is currently proposed. For instance, for a hundred-floor building where the force of the wind is not negligible and there are hundreds of deformation angles, both the Cross and Kani Methods are excessively long and tedious [31].

Therefore, he states:

The proposed method proved its usefulness when a problem of a 200-story structure was solved in 78 hours, which is an impressively good time score for such a complicated problem. This methodology was made available to the public in Paris in 1938 [31].

2. CONCLUSIONS

In the beginning of the article we pointed out the impact that the Cross method had in the structural analysis world [32][33][34]. This method enabled to solve structural problems extremely quickly regardless of the geometry [35]. The relevance of the method soon spread all over the world and arrived in Spain, where there was a very rapid dissemination of the method. In this article and with the help of the additional documentation we have referred to, we have tried to set out how the method was explained in the Spanish technical teaching institutions [35]. In addition, we have tried to give an overview on how this information was used in academic bibliography because this is a key factor to understand how a whole generation of technical professionals was formed.

Despite the great impact of the method, which can be seen through the large amount of calculation reports that used it, we must refer to other equally valid calculation procedures. These are the Kani and Takabeya meth-

ods, created by Gaspar Kani and Fukuhei Takabeya, respectively. This is why we have briefly presented the formulation of the Kani method. As it can be seen, it is an iterative method that does not deal with any type of mathematical complexity. Indeed, there are several aspects that are similar to the Hardy-Cross methodology, widely regarded as the great iterative method of the 20th century. However, despite the validity of the Kani method, it had a smaller impact than the American method.

Years after that, iterative methods were progressively replaced by numeric methods which were gradually appearing and which were to become the prevailing structural methods thanks to the general use of electronic and IT devices [36].

Nowadays, iterative methods (among them, the one named after Hardy Cross) have been largely relegated to technical colleges where the instruction of Structures Theory is essentially based on numeric methods, logically influencing their graduates who then go on to join the labor market.

Despite this, we believe it is important to acknowledge, as a conclusion, the influence that the method of the American structural engineer Hardy Cross has exercised, especially during the 20th century, on the education of generations of prospective scholars who have had the chance to apply it to their daily work. Proof of this widespread, enduring imprint are the manifold, and typologically varied structures which carry the legacy of the Hardy Cross method throughout the structural engineering world.

3. CONFLICT OF INTERESTS

The author declares that there is no conflict of interest with an institution or commercial association of any kind.

4. REFERENCES

- [1] H. Cross, "Analysis of continuous frames by distributing fixed-end moments". *Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, vol. 56, 919-928.
- [2] B. P. E. Clapeyron, "Calcul d'une poutre élastique reposant librement sur des appuis inégalement espacés", Paris, *Comptes Rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, no. 45, 1857, pp. 1076-1080.
- [3] W. Wilson y G. A. Maney. Bulletin 80 Univers. Illinois. Eng. Exp. Station, 1915.
- [4] A. Bendixen: Die Methode der Alpha-Gleichungen zur Berechnung von Rahmenkonstruktionen, 1914.
- [5] C. Prenzlöw, *Cálculo de estructuras por el método de Cross*. Barcelona: Gustavo Gili, 1958.
- [6] J. M^a Pons, "Cálculo de Estructuras Reticulares. Carlos Fernández Casado". http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/2017/2017_diciembre_3593_07.pdf
- [7] Graham, H. *The Spanish Civil War: A Very Short Introduction (Very Short Introductions)* (English Edition). Oxford University, 2005
- [8] Carrera, A., Tafunell, X. *Entre el Imperio y la Globalización. Historia económica de la España contemporánea*. Primera edición. Ed. Planeta, 2018. Recuperado de https://www.planetadelibros.com/libros_contenido_extra/39/38479_Entre_el_imperio_y_la_globalizacion.pdf.
- [9] C. Fernández Casado, *Cálculo de estructuras reticulares: nudos rígidos* (2^a ed. Ref.). Madrid: Dossat, 1940.
- [10] Col·legi d'Arquitectes de Catalunya. Teradas I Via, Robert. Catàleg. 1973. Available: http://www.coac.net/COAC/centredocumentacio/arxiu/afonsbcn/TerradasVia/TerradasVia_c.htm
- [11] C. Fernández Casado, *Cálculo de estructuras reticulares: nudos rígidos* (2^a ed. Ref.). Madrid: Dossat, 1940, p.13.
- [12] C. Fernández Casado, *Cálculo de estructuras reticulares: nudos rígidos* (8^a ed. Reformada). Madrid: Dossat, 1967.
- [13] C. Fernández Casado, *Cálculo de estructuras reticulares: nudos rígidos* (2^a ed. Ref.). Madrid: Dossat, 1940, p. 63.
- [14] J. Erochko's Prof. Research Website. Learning about Structural Engineering. Chapter 9. The Slope Deflection Method. Carleton University (Ottawa), 2012. Available: <http://www.learnaboutstructures.com/Slope-Deflection-Method-for-Beams>.
- [15] C. Fernández Casado, *Cálculo de estructuras reticulares: nudos rígidos* (2^a ed. Ref.). Madrid: Dossat, 1940, p.87.
- [16] Col·legi d'Arquitectes Col·legi d'Arquitectes de Catalunya. Bona I Puig, Eusebi. Catàleg. 1972. de Catalunya. Teradas I Via, Robert. Catàleg. 1972. Available: http://www.coac.net/COAC/centredocumentacio/arxiu/afonsbcn/BonaPuig/BonaPuig_c.htm
- [17] R. Terradas I Via, "Títol d'arquitecte", 1942. Disponible en: https://www.coac.net/COAC/centredocumentacio/arxiu/afonsbcn/TerradasVia/TerradasVia_c.htm
- [18] C. Fernández Casado, *Cálculo de estructuras reticulares: nudos rígidos* (8^a ed. Reformada). Madrid: Dossat, 1967, p.77.

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3402>

- [19] Col·legi d'Arquitectes de Catalunya. Bona I Puig, Eusebi. Catàleg. 1972. Available: http://www.coac.net/COAC/centredocumentacio/arxiu/afonsbcn/BonaPuig/BonaPuig_c.htm
- [20] J. M^a Fornons, *Calculo de estructuras de la edificación industrial: Nave industrial con cubierta cargada de nieve*. Barcelona, 1990.
- [21] R. Casals Bohigas. "Proyecto de Hormigón armado de un taller de reparación de automóviles". Barcelona, 1959.
- [22] ETM-310-001. Hangar de 49 x 59 x 8,60 metros [con cubierta circular] [Exp. 584]. Archivo Torroja. Memoria. Madrid, junio de 1946.
- [23] K. Karl-Eugen Kurrer, Der wirklich geniale Ingenieur ist poetischer Denker, momentum Magazin, 29. Januar 2016, Erstes Interview zur Neuauflage seiner Geschichte der Baustatik und insbesondere der Geschichte der Erddrucktheorien.
- [24] Kani: Die Berechnung Mehrstöckinger Rahmen. Stuttgart, 1949.
- [25] G. Kani, *Cálculo de pórticos de varios pisos*. Barcelona: Reverté, 1958.
- [26] C. Fernández Casado, *Cálculo de estructuras reticulares: nudos rígidos* (8^a ed. Reformada). Madrid: Dossat, 1967, p. 139.
- [27] G. Kani, *Cálculo de pórticos de varios pisos: método de cálculo sencillo y rápido teniendo en cuenta el desplazamiento de los nudos*. Barcelona: Reverté, 1958, p. 4.
- [28] F. Takabeya, "Método de Takabeya" (1893-1975).
- [29] F. Takabeya, *Estructuras de varios pisos: cálculo y tablas de momentos: métodos de Cross, Kani y Takabeya*. México: Continental, 1978, p. V.
- [30] S. Timoshenko and D. H. Young, *Theory of structures*. New York: Mc Graw-Hill Book Company, cop.1985.
- [31] J. Heyman, *Structural Analysis: A Historical approach*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- [32] L. K. Eaton, *Hardy Cross. American Engineer*. University of Illinois Press, 2006.
- [33] Josep Maria Pons Poblet, "De Gaudí a Miralles. Cent anys d'estructura metàl·lica a Barcelona", master thesis, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain, 2014. Disponible en: <https://www.tesisenred.net/handle/10803/279396#page=1>

Energy from biomass: alternative for the reduction of atmospheric emissions

Biomasa: alternativa energética para la reducción de emisiones atmosféricas

John Freddy Galvis Martínez*
Luz Marina Torrado Gómez**
María Fernanda Serrano Guzmán***
Norma Cristina Solarte Vanegas****
Diego Darío Pérez Ruíz*****

(Recibido el 18-11-2019. Aprobado el 16-01-2020)

Estilo de citación de artículo:

J. F. Galvis Martínez, L. M. Torrado Gómez, M. F. Serrano Guzmán, N. C. Solarte Vanegas, y D. D. Pérez Ruíz, "Energy from biomass: alternative for the reduction of atmospheric emissions", *Lámpsakos*, (23), pp. 70-78. (enero-junio, 2020). DOI: 10.21501/21454086.3457

Abstract

Biomass produces the same amount of emissions of carbon dioxide absorbed during its growth that means that emits the same amount of CO₂ processing during part of its life cycle, making it neutral emissions of carbon compounds. The mass use of this energy source in developing countries with high agricultural potential is not considered feasible. This article from a research project describes the processes for biomass utilization and environmental benefits of using this energy resource that has been booming in different countries. It is concluded that although it is feasible the inclusion of biomass for energy supply, exists a lack of guidelines for sustainable use.

Keywords: Energy resources; Environmental effects; Climate change; Environmental pollution; renewable energy sources; Biomass energy; Carbon dioxide; Environmental policy; Cycle; Global warming

* Magíster en Ingeniería Civil. Asesor externo, Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, Colombia. Contacto: John.galvism@upb.edu.co

** Magíster en Geotecnia. Profesor asociado, Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, Colombia. Contacto: luz.torrado@upb.edu.co

*** Doctor en Ingeniería Civil. Profesor titular, Pontificia Universidad Javeriana de Cali, Colombia. Contacto: maria.serrano@javerianacali.edu.co

**** Magíster en Vías Terrestres. Profesor asociado, Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, Colombia. Contacto: Norma.solarte@upb.edu.co

***** Doctor en Ingeniería Civil. Profesor titular, Pontificia Universidad Javeriana de Cali, Colombia. Contacto: ddperez@javerianacali.edu.co

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3457>

Resumen

La biomasa produce la misma cantidad de emisiones de dióxido de carbono que absorbe durante su crecimiento, es decir, solo emite la misma cantidad de CO₂ que procesa durante parte de su ciclo de vida, haciéndola neutra en cuanto a sus emisiones de compuestos de carbono. La masificación de uso de este energético en países en vía de desarrollo y con alto potencial agrícola aún no se considera viable. Se presentan los procesos para aprovechamiento de biomasa y los beneficios ambientales del uso de este recurso energético que ha tenido auge en diferentes países. Se concluye que, aunque es viable la inclusión de biomasa para la oferta energética, faltan lineamientos para un uso sostenible.

Palabras clave: Consumo energético; Efectos ambientales; Cambio climático; Contaminación; Fuentes de energía; Energía de biomasa; Dióxido de carbono; Política ambiental; Ciclo; Efecto invernadero.

1. INTRODUCTION

The significant population growth has led to the over-consumption of natural resources and fossil fuels, the latter being used mostly for industrial energy production and for transportation. The conditions of limited fossil reserves, either because of their quantity or due to the lack of economically available technologies for the extraction of these fuels, added to the environmental impacts that are generated during the production and use of these energies have motivated the search for new alternatives that minimize greenhouse gas production and mitigate environmental impacts.

Renewable energies are considered mostly clean energies, so there is a worldwide initiative to encourage their use. Biomass as a renewable source of energy allows energy generation and despite the lack of maturity in the technologies of certain countries to guarantee the reduction of negative impacts generated during the production and use of this energy, the energy storage capacity for later use contributes favorably to the carbon life cycle and makes it a viable technology for an inclusive mass flow process of electric fluid in non-interconnected areas as well as in areas connected to the main networks [1]. The objective of this article is to present the prospect of biomass consumption by 2050, demonstrating the viability of this energy for countries with high agricultural potential. This includes a summary of biomass production methods and the prospective analysis of atmospheric emissions of this energy.

Procedures for power generation from biomass

The methods of converting biomass to energy can be biochemical or thermochemical [2]. Precisely, the selection of the method is related to the type of biomass and the end of use of the product generated either for thermal, electrical or biofuel production applications [3]. As during the transformation can be used combustion, pyrolysis, gasification, co-combustion or fermentation, or a mixture of these (Table 1.)

Table 1. Procedures for power generation from biomass.

Environmental impact of activities associated with the production of energy from biomass

Thermochemical Methods	
They are used in the use of coal, peat and lignocellulosic materials, a volatile fraction is released [4].	A. Direct Combustion: Common practice in several economic sectors [5]. Multipass steam turbines are used that provide efficiency of 35 to 40%, for 1 MW 310 ha are required [6].
	B. Pyrolysis: Consists of thermal degradation of biomass [7]. Pyrolytic biofuels can be used as an additive for fossil fuels or as quality fuels [8]. Usable by-products are released [9].
	C. Co-combustion: Joint burning of biomass and fossil fuels such as coal being required for this an adequate selection of elements, equipment and capabilities of the power plant [10], [11].
	D. Gasification: raw materials are processed by throwing synthesis gases from which different types of energy can be obtained, such as thermal, electricity, hydrogens or biofuels. The calorific value of the synthesis gases is associated with the use of the different oxidizing agents [12].
Biochemical Methods	
Yeasts and enzymes that break up cellulose are used increasing the production of alcohols with the same amount of biomass [13].	A. Alcoholic fermentation: Enzymes synthesized by biocatalyst microorganisms that act on the sugars of the organic substrate generating the second generation bioethanol. The transformation takes place in two phases, an aerobic in which glucose is converted to carbon dioxide and an anaerobic in which ethanol is produced after dehydration of more than 99.4% of the substrate for mixing with gasoline [14].
	B. Metallic Fermentation Anaerobic microbial transformation that produces biogas mainly composed of methane. The process is carried out thanks to slow-growing bacteria that degrade the synthesized compounds transforming them into methane and carbon dioxide [15]. It can be done on a large scale and the temperature is not a limiting condition as long as it is between 0 to 55 ° C and there are no drops greater than 2 ° C [16].

Biomass-based energy is considered a potentially viable energy for electricity generation since in the production of one kW per hour (kW/h) 229 g less carbon emissions are produced than what is produced with

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3457>

pulverized coal-based energy (Table 2.) The same applies to energy based on wind or solar radiation. Even so, biomass-based energy systems produce environmental impacts on different natural resources.

Table 2. Comparison of CO emissions between energy systems [17].

	SOx	NOx	CO	PM 10 µm
Biomass technologies				
Boiler furnace, woody residue	0.08	2.1	12.2	0.5
Fluorized bed, biomass	0.08	0.9	0.17	0.3
Gasification of energy crops	0.05	1.10-2.2	0.23	0.01
Coal technologies				
Boiler furnace, bituminous coal	20.2	5.8	2.7	0.62
Pulverized coal boiler	14.3	6.89	0.35	0.32
Co-combustion with 15% biomass	12.2	6.17	0.35	0.32
Fluorized bed, coal	3.7	2.7	9.6	0.3
Natural gas technologies				
Alternative natural gas engine	0.006	7.96 - 38.3	2.98 - 35.0	0.09 - 0.18
Natural gas turbine	0.009	1.72	0.4	0.09
Combined natural gas cycle	0.004	0.91	0.06	0.14

Air resource

The combustion activity in the energy production process from biomass leads to an increase in the amount of greenhouse gases. Even so, biomass-based energy is considered carbon neutral, that is, only carbon collected during photosynthesis is released into the atmosphere. In the Table 3. it is observed that although biomass releases less NOx than coal, the emitted concentration is higher than that released by natural gas. While the complexity in the presence of NOx increases chronic respiratory disorders, the presence of SO₂ and NOx contributes to the appearance of acid rains and the formation of harmful particles.

Table 3. Comparison between the emissions resulting from different processes of electric power production, in lb/MW [17].

The particulate material reported comes from soot and ash from processing in biomass power plants where carbon monoxide emissions can also occur. To mitigate

these impacts, there are currently available technologies such as fluidized beds, gasification systems and electrostatic precipitators that can help reduce NOx, CO and particulate emissions associated with biomass combustion [17], [18].

Water resource

The cultivation of energy can lead to an imbalance in the water system of the region where plantations are chosen. Logically, if the area has regular rainfall conditions, this imbalance cannot be noticeable, even so, it can affect the region's water quality as a result of agricultural work and the loss of natural nutrients as well as the use of pesticides [19]. Likewise, the cooling techniques required in thermoelectric transformation technologies by wet circulation systems reuse the cooling water in a second cycle, which means that water withdrawal is between 500 and 900 gallons / mega watt-hour and consumption approximately 480 gallons / mega watt-hours [20]. Although the dry cooling alternative exists, this alternative generates an extra cost in the process and reduces efficiency, which means that more fuel is required per unit of electricity.

Type of power plant	Carbon Emissions (gC/kWh)	Emissions saved (gC/kWh)
Powdered coal—as base case	229	0
Integrated gasification in combined cycle-coal	190-198	31-40
Captured Powdered coal + captured CO ₂	40-50	179-189
Natural gas turbine with combined cycle	103-122	107-126
Natural gas turbine with combined cycle + captured CO ₂	14-18	211-215
Integrated gasification in combined cycle-Wood waste-biomass	0	229
Wind—good for medium sites	0	229
Thermal solar and photovoltaic solar	0	229

Soil Resource

The impacts on the soil caused by the biomass-based systems are caused mainly because it can generate conflict in the use of the soil since the profitability associated with the benefit of the crops means that livestock soils can be used as agricultural soils by changing the use potential of the soil and generating conflict of use with the consequent detriment of the properties of the soil. Therefore, it is necessary that there are adequate practices for the use of soils and the benefit of crops, respecting the development of the food industry, and the natural habitat of native species [21].

Benefits of using biomass energy against greenhouse gas emissions

The implementation of biomass energy becomes an inclusive program of energy supply for countries with agricultural capacity. In order to achieve sustainability in the use of this energy, strategies for mitigating impacts generated in water, soil and air such as controlled logging practices, verification of nutrient levels of the intervened soils, control programs of the soil must be advanced. erosion, alternatives for the use of waste from the benefit of biomass, among others, to which must be added policies for the reuse of water used in energy production processes. Another argument in favor of the use of biomass as energy is that the replacement of fossil fuels generates a saving in greenhouse gas emissions) which is evidenced by the carbon neutrality factor [22].

There are emissions that contribute to global warming, but they are associated with the cultivation and harvest of biomass feedstock and post-harvest activities, such as transportation to processing plants. Although emissions from transport and combustion are more or less equivalent in all types of biomass, those from raw material supply vary widely, so it is important to use one that reduces emissions. As an example, crops that do not compete with nearby land crops, portions of waste such as wheat straw or corn stubble, harvested sustainable wood, forest residues, and clean municipal and industrial waste and organic waste can be cited, highlighting that in the latter methane is released when discarded in landfills [23].

In the case of firewood, this can have a net value of zero emissions if proper crop management is carried out, as noted at the beginning, in a sustainable manner and replanting with fast-growing specimens. However, when best practices are followed, forest regeneration will not occur instantaneously, there will be a good time before resources reach carbon neutrality.

Due to all these factors, the range to estimate the life cycle of global warming emissions produced by bioenergy is wide. Excluding global warming emissions from changes in land use, most estimates place between 0.04 and 0.2 pounds of CO₂ equivalent per kilowatt-hour, which are lower values than those reported with natural gas that are between 0.6 and 2 pounds of CO₂ equivalent per kilowatt-hour or with coal are between 1.4 and 3.6 pounds of CO₂ equivalent per kilowatt-hour. [24]

Analysis of the emission cycle in biomass-based energy production

The energy efficiency of biomass varies depending on the origin and the transformation process used for energy production and in each of the stages the impacts are different [1]. During the cultivation of any kind of crop, regardless of its type or purpose, it is necessary that the plant receives a series of nutrients that have been prepared generating additional environmental pollution to that provided by the use of fertilizers. This contamination is part of the emissions produced by biomass within the sowing process and during its cultivation.

On the other hand, water consumption for tillage activities is high, which has an impact on pollution derived from the use of chemicals (herbicides and fungicides) that are used during planting and other processes, this being the main environmental implication on the resource water. The same happens with the use of the land because the use of the land for agro-energy crops may be preferred instead of crops for food products, to the point that an occupation of the order of 1,182 GHa is expected in 2050 for this purpose [25].

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3457>

As expected, the biomass is produced in one area and the processing in a different one, which requires transportation to the collection centers and production and / or transformation plants. In this action, if the means of transport uses energy based on petroleum derivatives, pollutants are released into the atmosphere thereby increasing environmental deterioration.

2. DISCUSSION

The transformation of solar radiation into chemical energy allows the storage of fixed carbon with energy potential per unit of matter close to 470 kJ / g mol [26] and although this process has a solar energy capture efficiency of up to 15%, generally only 1% of species can store that amount [27]. After the drying process, the biomass stores between 17 and 21 MJ / kg [6].

As mentioned in this article, biomass can be obtained in different ways, either solid or as a wood or bagasse type whose caloric power depends on the percentage of fiber and moisture or in the form of pellets that are compressed sawdust pellets, wood shavings or other forest products that have energy applications that allow the supply for household, commercial or industrial purposes or as briquettes that offer the same advantages of the pellet but are larger and have lower humidity and higher density due to which is the cost / benefit ratio is greater because of the ease in transportation [8], [30].

Once the biomass is obtained in the form required for the production of energy, the process that can be gasification or combustion with the consequent emission of pollution in each case is selected. If direct combustion is chosen, particulate material is also generated which is a technically complex process since its efficiency is affected by the humidity and the amount of biomass that the material being used has. As for the combustion process, the use of multi-stage steam turbines produces high energy efficiency (from 35 to 40%), which is why 290 hectares are required per watt of energy production instead of 550 Ha / W [28].

Another alternative of biomass transformation is the pyrolysis in which the rupture of the molecular structure of the biomass to obtain biofuel, biogas and a solid fraction is produced by high temperature and moderate pressure so that the by-products obtained can be stored for later use as additives or fuels, reducing transport emissions and improving their efficiency [9], [8]. The same situation occurs during the transformation by biomass gasification, which is done using various raw materials and thermal, electrical, hydrogen, and biofuels are obtained [12].

There is also the process of transformation by co-combustion with which the reduction of emissions of environmental pollutants and an improvement in the energy production of the plants is sought by burning, together, the traditional fossil fuel with biomass for which an inspection of the traditional plant is required so that the evaluation of the current capacities is carried out and if necessary the adjustments of the case are made [10], [11].

Energy generation from biomass produces different pollutant gases and ash, waste that must be stored and controlled until its final disposal [4]. Solid carbon-rich wastes captured within combustion processes can have multiple uses since they represent a non-hazardous biological waste. As for the net carbon dioxide emissions, these are zero, since during the process of photosynthesis, the gas is captured and oxygen is released, the carbon being stored in the biomass which is subsequently transformed into energy [31].

The economic convenience that derives from the use of biomass as energy puts the food security of the countries at risk, so it is necessary to define the areas in which it is possible to advance these crops. In this way, the control that helps to guarantee food security can be established taking into account that 1,182 GHa of land is available worldwide, the probable use of which is for energy crops [32], [33].

As mentioned, biomass is considered carbon neutral because the amount of CO₂ it emits is the same that it absorbs during its growth but during the transport process, processing and other phases of the life cycle CO₂ emissions increase [4], [34].

In addition to the availability of land suitable for energy crops, it is essential that in the area where they are developed there are hydroclimatological conditions that allow a rational use of water for irrigation and, it is expected that for pest control, fertilizers will be used organic instead of chemical pesticides.

Besides, biomass energy is cheaper compared to other ways of obtaining renewable energy and can be obtained from different crops. For example, it has been reported that the use of 70% of the rice husk residues could contribute to the production of electricity of 1328 GWh per year, and the cost per unit of electricity generated with the rice husk is 47.36 cents / kWh, compared to 55.22 cents / kWh of electricity generated by coal [35].

In countries such as Colombia, biomass is not perceived as a component that immediately enters the country's energy supply but, as indicated in this article, a biomass-based energy system is sustainable if regulations are designed to guide on the rational use of available resources and would be an appropriate option for the eradication of illicit crops, offering a complementary advantage to the rural economy [36]. Globally, the organization of the countries has allowed the development of biomass-based energy systems.

3. CONCLUSIONS

Biomass is an energy source used since ancient times. Although the global trend shows a sustained rise in the implementation of biomass as a source of energy, in some countries with high agricultural potential, projections of use are not favorable, which is explained by the absence of regulations and the implementation of sustainable practices of energy crops as well as incentives that allow investors to appropriate this energy source in

order to increase the energy supply of countries, mainly in rural areas. In addition, energy crops can become a solution for the eradication of illicit crops in several areas offering a complementary advantage to the rural economy.

4. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las instituciones educativas que hicieron parte fundamental para este trabajo de investigación.

5. CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare that there is no conflict of interest with an institution or commercial association of any kind.

6. REFERENCES

- [1] R. E. H. Sims, and y N. El Bassam. (2004). Biomass and Resources, Bioenergy Options for a Cleaner Environment: in Developed and Developing countries, Elsevier 2004.
- [2] A. Tursi. (2019). "A review on biomass: importance, chemistry, classification, and conversion" *Biofuel Res. J*, 6(2), 962-979, doi: <https://doi.org/10.18331/BRJ2019.6.2.3>
- [3] F. S. Nogués, y J. Royo Herrer, "Ciclo de Energías Renovables, Jornada de Biomasa" Fundación CIRCE, 2002. Disponible en: [http://www.queremosfuturo.org/doc_public/bigen01\[1\].pdf](http://www.queremosfuturo.org/doc_public/bigen01[1].pdf).
- [4] M. F. Demirbas, M. Balat, and H. Balat, "Potential contribution of biomass to the sustainable energy development", *Energy Conversion and Management*, vol. 50, no. 7, pp. 1746-1760, 2009. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.03.013>
- [5] J. A. Moragues, and A. T. Rapallini, "Energía de la Biomasa", [En línea]. Disponible en: http://www.iae.org.ar/renovables/ren_biomasa.pdf

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3457>

- [6] P. McKendry, "Energy production from biomass (part 1): overview of biomass", *Bioresource Technology*, vol. 83, no. 1, pp. 37-46, 2002. doi: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00118-3](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00118-3)
- [7] A. Gómez, W. Klose, y S. Rincón. (2008). *Pirólisis de Biomasa-Cuesco de Palma*. Kassel, 2008. Disponible en: <http://www.uni-kassel.de/upress/online/frei/978-3-89958-457-8.volltext.frei.pdf>
- [8] M. F. Parihar, M. Kamil, H. B. Goyal, A. K. Gupta, and A. K. Bhatnagar, "An Experimental Study on Pyrolysis of Biomass", *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 85, no. 5, pp. 458-465, 2007. doi: <https://doi.org/10.1205/psep07035>
- [9] F. Paradela, F. Pinto, I. Gulyurtlu, I. Cabrita, and N. Lapa, "Study of the co-pyrolysis of biomass and plastic wastes", *Clean Techn Environ Policy*, vol. 11, pp. 115-122, 2009. doi: <https://doi.org/10.1007/s10098-008-0176-1>
- [10] S. G. Sahu, N. Chakraborty, and P. Sarkar, "Coal-biomass co-combustion: An overview", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 39, pp. 575-586, 2014. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.106>
- [11] J. Royo, F. Sebastián, D. García-Galindo, M. Gómez, and M. Díaz, "Large-scale analysis of GHG (greenhouse gas) reduction by means of biomass co-firing at country-scale: Application to the Spanish case", *Energy*, vol. 48, pp. 255-267, 2012. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.06.046>
- [12] S. Heidenreich, and P. U. Foscolo, "New concepts in biomass gasification", *Progress in Energy and Combustion Science*, vol. 46, pp. 72-95, 2015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2014.06.002>
- [13] R. Saidur, E. A. Abdelaziz, A. Demirbas, M. S. Hossain, and S. Mekhilef, "A review on biomass as a fuel for boilers", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, pp. 2262-2289, 2011. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.02.015>
- [14] Agrowaste. (s.f.). Fermentación Alcohólica – Bioetanol [En línea]. Disponible en: <http://www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/fermentacion-alcoholica.pdf>
- [15] X. E. Castells, "El biogás" de Tratamiento y valorización energética de residuos, España, *Díaz de Santos*; Fundación Universitaria Iberoamericana, 2005, pp. 143-145.
- [16] N. L. Nemerow, y A. Dasgupta, «Digestión Anaerobia y Aerobia,» de Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos, Van Nostrand Reinhold; Díaz de Santos, 1998, pp. 195-197.
- [17] National Renewable Energy Laboratory, "Biopower Technical Assessment: State of the Industry and Technology", Golden, Colorado, 2003. Disponible en: <https://www.nrel.gov/docs/fy03osti/33123.pdf>
- [18] Ministerio de Minas y Energía, Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia, 2010. [En línea]. Disponible en: <https://biblioteca.minminas.gov.co/pdf/ATLAS%20POTENCIAL%20ENERGETICO%20BIOMASA%20RESIDUAL%20COL.%20UPME.pdf>
- [19] J. C. Rivera, "Caña de azúcar destruye importante humedal de Palmira", *UN Periódico*, p. 1, 13 8 2011. [En línea]. Disponible en: <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/cana-de-azucar-destruye-importante-humedal-en-palmira.html>
- [20] National Renewable Energy Laboratory NREL, "National Renewable energy laboratory", [En línea]. Disponible en: <http://www.nrel.gov/docs/fy11osti/50900.pdf>
- [21] T. Searchinger, R. Heimlich, R. A. Houghton, F. Dong, A. Elobeid, J. F. Fabiosa, S. Tokgoz, D. J. Hayes & T-H. Yu, "Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change", *Science AAAS*, 2008. doi: <https://doi.org/10.1126/science.1151861>

- [22] S. Voshell, M. Mäkelä, & O. Dahl, (2018). "A review of biomass ash properties towards treatment and recycling" *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 96, 479-486, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.07.025>
- [23] J. F. Galvis Martínez, Comparación del impacto ambiental de los sistemas energéticos a base de nuclear, biomasa y gas utilizando el análisis del ciclo de vida. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Tesis de maestría en ingeniería civil, 2015. [En línea]. Disponible en: https://biblioteca.bucaramanga.upb.edu.co/docs/digital_32639.pdf
- [24] O. Edenhofer et al., *Renewable energy sources and climate change mitigation: Special report of the intergovernmental panel on climate change*. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. doi: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139151153>
- [25] R. E. H. Sims, "Biomass and Resources", in *Bioenergy Options for a Cleaner Environment: In Developed and Developing*, Edits., Kidlington, Oxford: Elsevier, 2003, pp. 1-28.
- [26] A. Jager-Waldau, and H. Ossenbrink, "Progress of electricity from biomass, wind and photovoltaics in the European Union", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 8, no. 2, pp. 157-182, 2004. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2003.10.003>
- [27] T. Abbasi, and S. Abbasi, "Biomass energy and the environmental impacts associated with its production and utilization" *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, no. 3, pp. 919-937, 2010. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.11.006>
- [28] D.S. Gunarathne, P. Mellin, W. Yang, M. Pettersson, & Ljunggren, R. (2016). "Performance of an effectively integrated biomass multi-stage gasification system and a steel industry heat treatment furnace". *Applied Energy*, 170, 353-361. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.03.003>
- [29] G. Soto, y M. Núñez, "Fabricación de pellets de carbonilla, usando aserrín de Pinus radiata (D. Don), como material aglomerante" *Maderas. Ciencia y tecnología*, vol. 10, no. 2, pp. 129-137, 2008. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2008000200005>
- [30] P. R. Salazar Martínez, y A. M. Villacrés Carrera, "Diseño y construcción de una micro extrusora experimental para la obtención de multi combustibles a partir de biomasa con capacidad de compactación de 0,2 kg (tesis de pregrado)." Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, 2014. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/9612>
- [31] A. Eisentraut y A. Brown, Heating without global warming: Market Developments and Policy Considerations for Renewable Heat, Paris: International Energy Agency (IEA) Renewable Energy, 2014, p. 92. [En línea]. Disponible en: <http://www.uabio.org/img/files/news/pdf/heating-without-global-warming.pdf>
- [32] A. Eisentraut y A. Brown, Heating without global warming: Market Developments and Policy Considerations for Renewable Heat, Paris: International Energy Agency (IEA) Renewable Energy, 2014, p. 92. [En línea]. Disponible en: <https://leonardo-energy.pl/wp-content/uploads/2016/03/EIM05117-Wykorzystanie-biomasy-w-procesach-grzewczych.pdf>
- [33] C. Field, J. Campbell, and D. B. Lobell, "Biomass energy: the scale of the potential resource", *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 23, no. 2, pp. 65-72, 2008. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.12.001>
- [34] M. Mofijur et al., "Potential of Rice Industry Biomass as a Renewable Energy Source". *Energies*, vol. 12, no. 21, 2019. Doi: <https://doi.org/10.3390/en12214116>
- [35] UPME, Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050. [En línea]. Disponible en: http://www1.upme.gov.co/Documents/PEN_IdearioEnergético2050.pdf

Control de la temperatura en el interior del habitáculo de un vehículo

Temperature control inside the habitacle of a vehicle

Vicente Rojas Reinoso*
Vicente Romero Hidalgo**
Johnny Pancha Ramos***
Jorge M. Néjer Guerrero****

(Recibido el 21-11-2019. Aprobado el 03-02-2020)

Estilo de citación de artículo:

V. Rojas Reinoso, V. Romero Hidalgo, J. Pancha Ramos, y J. M. Néjer Guerrero, "Control de la temperatura en el interior del habitáculo de un vehículo", *Lámpsakos*, (23), pp. 79-91. (enero-junio, 2020). DOI: 10.21501/21454086.3462

Resumen

El presente trabajo analiza las variables que influyen en el gradiente térmico del habitáculo en vehículos, se establecen los parámetros de los elementos con el fin de determinar la función de transferencia del sistema, logrando mantener el control de temperatura en dicho espacio; el circuito electrónico actúa con base en los parámetros y datos obtenidos de los distintos dispositivos instalados, lo cual permite mantener una temperatura de confort adecuada para la lucidez del conductor y sus ocupantes, reduciendo la fatiga por calor y evitando posibles siniestros de tránsito que se presentan frecuentemente en las carreteras del país. El objetivo principal para la optimización de las condiciones de manejo son los sistemas climatizados que, además de permitir la estabilización de temperatura cuando el vehículo está en funcionamiento, también logra hacerlo cuando se encuentre estacionario en todas sus condiciones; ya que, de esta manera, permite disminuir el riesgo a la salud y, por lo tanto, a la gestión realizada por el conductor y sus ocupantes.

Palabras clave: Calor, Calor latente, Calor Sensible, Temperatura, Transferencia de Calor, Automatización, Control Automático, Electrónica, Circuito Electrónico, Climatización, Flujo de aire.

* Master en Sistemas Automotrices, Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador. Contacto: evrr_1989@hotmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5658-3055>

** Master en Ingeniería Mecánica, Universidad Castilla La Mancha. Ecuador. Contacto: vromero@hotmail.es, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2317-7071>

*** Master en Sistemas Automotrices, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. Contacto: johnnypancha_ing@outlook.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7320-2154>

**** Master en Energías Renovables, filiación institucional. Ecuador. Contacto: jmnejer@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5744-2585>

Abstract

The present work analyzes the variables that influence the thermal gradient of the passenger compartment in vehicles; the parameters of the elements are established in order to determine the transfer function of the system, managing to maintain temperature control in said space; the electronic circuit operates based on parameters and data obtained from devices installed, which allows to maintain a comfort temperature suitable for the clarity of the driver and occupants, reducing heat stress and avoiding possible traffic accidents occurring frequently on country roads.

The main objective to optimize driving conditions are heated systems that also allow temperature stabilization operation of the vehicle, also achieved when the same be steady in all conditions; because in this way, you can reduce the risk to health and therefore the management by the driver and occupants.

Keywords: Heat, Latent Heat, Sensitive Heat, Temperature, Heat Transfer, Automation, Automatic Control, Electronics, Electronic Circuit, Climate Control, Air Flow.

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3462>

1. INTRODUCCIÓN

La función principal del control de temperatura es mantener lúcido al conductor e incidir en el cuidado de la salud de todos sus ocupantes, de modo que brinda confort climático, mediante el tratamiento del aire en el habitáculo y, permitiendo su regulación por medio de controles de fácil operación [1].

La temperatura ambiente ideal para mantener la concentración, lucidez y confort oscila entre 18 °C y 25 °C, a diferencia de la del cuerpo humano que oscila entre los 35,5 °C y los 37 °C. [2].

En condiciones normales de operación, la diferencia de temperatura del habitáculo y el exterior debe estar entre los 8°C a 10°C, siendo menor la del habitáculo. Cuando la temperatura ambiental excede los 26.6°C, el interior del vehículo puede alcanzar los 40.6°C en menos de 20 minutos y resultar perjudicial para las personas que se encuentran dentro del habitáculo [2].

Se debe considerar que no todas las personas reaccionan del mismo modo ante determinadas características de ambiente térmico, hay personas que sienten frío en mayor o menor intensidad o medida. En ese sentido se ha definido la opinión Media Estimada, o PMV por sus siglas en inglés (*Predicted Mean Vote*), la cual es un índice establecido para reflejar la opinión media estadística de un grupo numeroso de personas respecto a la sensación térmica percibida en un ambiente dado, definido por un conjunto de parámetros.

Efectivamente, es casi imposible que una combinación dada de valores de los parámetros sea capaz de satisfacer a todos, desde el punto de vista térmico. Para este índice se considera que se aproxima más la opinión, cuando el valor se aproxima a cero, pero se consideran valores adecuados los comprendidos entre $-0,5 < PMV < +0,5$ [3].

La percepción de ambiente y confort térmico no es algo que dependa únicamente de los parámetros ambientales, es decir, de la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del aire, la temperatura ra-

dante [4]. También se considera la comodidad térmica, misma que está sujeta a tres factores: el factor humano, que incluye la manera de vestir, el dinamismo y el tiempo durante el cual las personas permanecen activas que influye sobre la comodidad térmica.

El aire: temperatura, velocidad y humedad relativa.

El espacio: la temperatura radiante media de las paredes o límites del espacio considerado.

Un vehículo está expuesto a todo tipo de condiciones climáticas que de una u otra forma afectan la temperatura en el interior de este, las variables relacionadas a este fenómeno son la temperatura, la humedad y la variación de calor [5].

Materiales y métodos

La generación del control de temperatura en un ambiente cerrado o habitáculo se realiza mediante el control de dispositivos o actuadores que se comandan por medio del módulo de control y la adquisición de señales o datos provenientes de sensores colocados estratégicamente.

Para iniciar, se deben seleccionar dichos dispositivos de control y comandos operacionales que comandarán todo el sistema.

Con la ayuda de dispositivos electrónicos como el amplificador operacional, podemos manejar la diferencia de entradas, una alta ganancia, una impedancia de entrada muy alta y una baja impedancia de salida.

El amplificador operacional cuenta con 2 entradas: la entrada inversora (-) y la entrada directa (+) y cuenta con una sola salida, este dispositivo se alimenta generalmente por una fuente de voltaje de doble polaridad que está en los rangos de +/- 5 voltios a +/- 15 voltios. [6]

Adicional se hace uso de un dispositivo inversor con el cual se invierte la señal de entrada (Fig. 1).

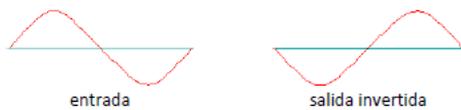


Fig. 1: Señal de salida del inversor.

La relación de magnitudes entre la entrada y la salida del amplificador operacional se denomina ganancia del amplificador y depende de los valores de las resistencias R_1 y R_2 , viene dada por la fórmula:

$$A_v = \frac{-R_2}{R_1} \quad (1)$$

Se acopla un seguidor de tensión, en el cual las formas de onda entrada / salida serían iguales y estarían en fase [7]. La Fig. 2 muestra el diagrama del seguidor de tensión.

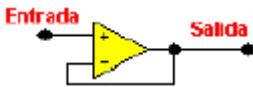


Fig. 2: Seguidor de tensión.

Para estabilizar el sistema y sus señales, se hace uso de la Acción de Control Proporcional Integral (PI) que considera el acoplamiento de la unión de un controlador proporcional y uno integral, en una acción de control integral la relación entre la salida del controlador $u(t)$ y la señal de error $e(t)$ es:

$$\frac{du(t)}{dt} = K_i e(t) \quad (2)$$

$$u(t) = k_i \int_0^t e(t) \quad (3)$$

donde $K_i K_i$ es una constante ajustable.

Si se duplica el valor de $e(t)$, el valor de $u(t)$ varía al doble de velocidad y, cuando el error es cero, el valor de $u(t)$ permanece estacionario. Esta acción de control integral se denomina control de reajuste. Ecuación 3.

En el control proporcional integral decrece el tiempo de subida, se incrementa el sobrepaso y el tiempo de estabilización. Como se mencionó anteriormente en la parte integral, el polo en el origen vuelve a un sistema de segundo orden menos estable, por lo que la parte proporcional ayuda a la estabilización del sistema, con lo que se logra resolver el problema de volatilidad de señal [2].

La acción de control proporcional-integral se define mediante:

$$u(t) = K_p d(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) \quad (4)$$

Donde K_p es la ganancia proporcional y T_i se denomina tiempo integral.

Con base en el análisis Acción de Control Proporcional Integral (PI) se realiza la contraparte del Control proporcional-integrativo (PI).

Si la función de transferencia del proceso no contiene un integrador ($1/s$), implicará que exista un error de régimen $e(s)$ en la respuesta a escalón del sistema. Este desfase puede ser eliminado si se incluye la acción integrativa. Al aplicar esta acción, se puede dar el caso de que la señal de control $u(t)$ tenga un valor diferente de cero cuando el error $e(t)$ es cero.

Para la obtención de este tipo de acción se añade a la parte proporcional el resultado de integrar la señal de error habiendo afectado a esta por una cierta constante denominada constante de integración [6].

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3462>

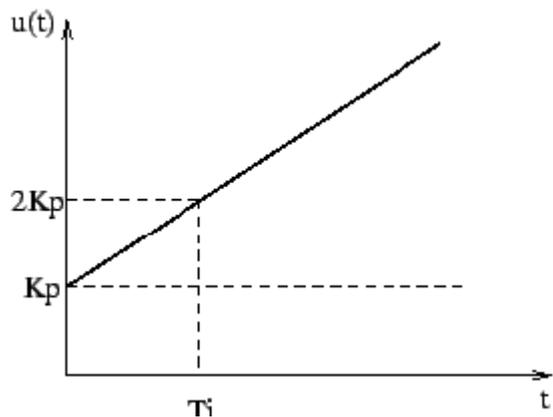


Fig. 3: Sistema con controlador PI [8].

Una vez estabilizado el sistema en razón de las señales y su tratamiento, se elige trabajar con el sensor de temperatura de la serie LM35. Este es un sensor de precisión, sus voltajes de salida son linealmente proporcionales a la temperatura en grados centígrados. El dispositivo tiene algunas ventajas sobre los sensores de temperatura lineales calibrados en grados Kelvin, debido a que no requiere ninguna calibración externa y posee una baja impedancia [9].

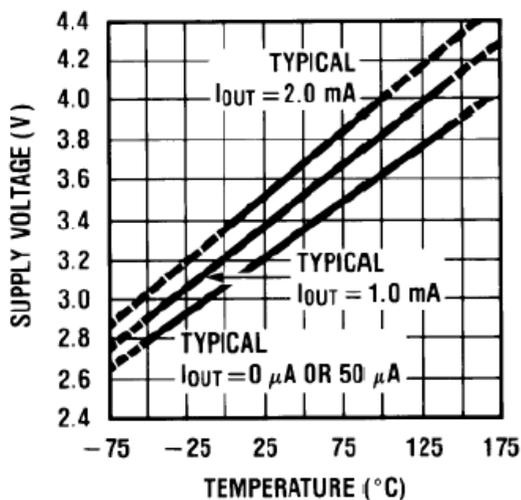


Fig. 4: Voltaje vs temperatura sensor LM35.

Para distribuir el aire en el habitáculo se incorporan ventiladores de tipo fan cooler, cuyo consumo eléctrico está en el orden de 1 kw por mes, estos permiten un control focalizado del enfriamiento o climatización de espacios reducidos como es el caso del área automotriz.

En la Fig. 5 se muestra el modelo físico del sistema de control de la función de transferencia de manera simplificada, el cual permite observar los puntos de control y dispositivos actuadores.

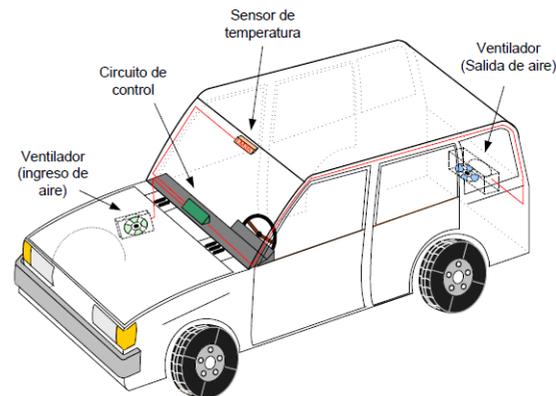


Fig. 5: Esquema del modelo físico.

Para la realización del análisis energético y ahorro se usa un variador de velocidad y se considera como variable el consumo de energía a velocidad constante, con este análisis se logra determinar el consumo de energía, así como el nivel de flujo de aire en los puntos de operación o nivel de carga analizados, dicho procedimiento contempla dos fases de análisis: la primera consiste en el desarrollo de un ciclo de carga-servicio que permite asignar en cada nivel de carga en horas de operación y, la segunda que determina la potencia de entrada al motor, bajo cada nivel de carga, medido en kW.

El cálculo del consumo de energía (kWh) es el producto de la potencia por las horas de operación.

El consumo de energía se obtiene sumando energía consumida en todos los niveles de carga a velocidad constante.

Para el análisis de estas dos fases son necesarios datos derivados u obtenidos en sitio; el ciclo de carga es la fracción de tiempo en un año de trabajo de una máquina operando en distintos niveles de carga, tomando en consideración los tiempos de parada que puedan suscitarse por mantenimiento u otras razones; por otro lado, la potencia de entrada al motor puede medirse directa o indirectamente, a partir de medidas de flujo de aire, curvas características y eficiencia del motor medido en cada nivel de carga.

El cálculo realizado a velocidad constante es directo considerando la medida de los niveles de flujo.

El otro análisis es la operación del sistema a velocidad variable, este permite predecir el consumo de energía siempre y cuando se tenga el control de la velocidad del motor.

Las variables para este análisis son las siguientes: curvas características, ciclo carga-servicio, curva del sistema, y puntos de caudal a velocidad constante.

De la misma forma que se calculó en el caso de velocidad constante, la potencia eléctrica a velocidad variable se mide y calcula en cada punto de operación, por ende, el producto de la potencia por las horas de operación da como resultado el consumo anual de energía en cada nivel de carga, la suma de estas potencias representa el consumo anual operando a velocidad variable.

Las condiciones de funcionamiento trabajan con criterios distintos, por lo cual se genera un factor de conversión; al usar la tabla de datos de características del motor de cc del ventilador, esta nos muestra que la velocidad es de 2815 rpm, por lo que podemos determinar de forma lineal el flujo de aire que es transportado por el mismo.

Tabla I Especificaciones NMB 4710NL-04W-B59

VENTILADOR	
Código	4710NL-04W-B59
Formato	CUADRADO
Tamaño (mm)	119x25
Tensión (volts)	12
Potencia (W)	6,6
Rpm (vueltas / minuto)	2800
FLUJO (l/segundo)	43.7
Tipo *	FAN
Marca	NMB

Flujo de aire = 43.7 l/s = 41.8kg/s

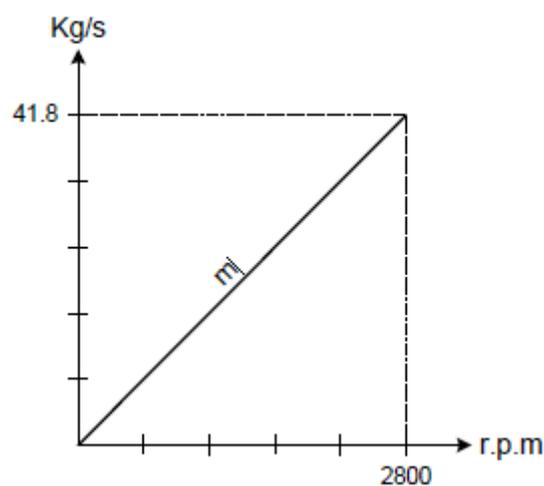


Fig. 6: Flujo de aire del ventilador.

Se aplican las siguientes ecuaciones para generar un comportamiento lineal de funcionamiento del ventilador:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$m = 0.01492$$

Entonces:

$$F(s)_4 = K$$

$$F(s)_4 = 0.01492$$

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3462>

Para el cálculo de la función de transferencia tomamos en consideración la temperatura máxima que se puede soportar en el interior del vehículo que no puede exceder los 50°C, los ventiladores producirán un flujo de aire adecuado manteniendo el interior del vehículo a 20°C [2].

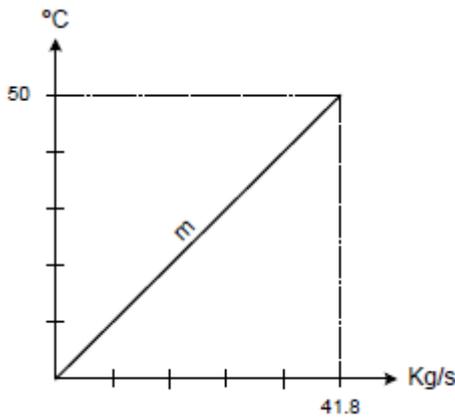


Fig. 7: Flujo vs temperatura máxima.

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$m = 1.19$$

Entonces:

$$F(s)_s = \frac{K}{s + 1}$$

$$F(s)_s = \frac{1.19}{s + 1}$$

El sistema de climatización es retroalimentado, de forma que cuenta con un circuito integrado de precisión (sensor de temperatura) LM35 y para el cálculo de la función de transferencia vamos a tomar en consideración los valores de voltajes en las temperaturas en el rango de calibración de 0°C y 50 °C.

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$m = 0.06$$

Constante de tiempo para una LM35:

$$\tau = \frac{1}{T}$$

$$\tau = \frac{1}{50} = 0.02$$

Entonces:

$$H(s) = \frac{K_t}{\tau s + 1}$$

$$H(s) = \frac{0.006}{0.02s + 1}$$

Para el control de las señales obtenidas se diseña un sistema de control que tendrá un filtro que tiene la siguiente función de transferencia:

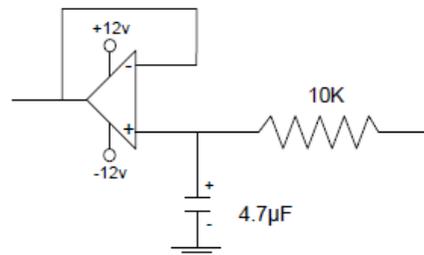


Fig. 8: Filtro.

$$\frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{1}{0.047s + 1}$$

Con las funciones de transferencia obtenidas, el diagrama de bloques se estructura de la siguiente manera [7]:

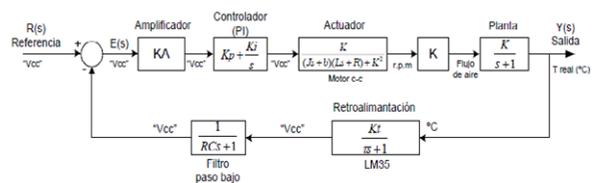


Fig. 9: Diagrama de bloques.

Reemplazando los valores de cada una de las funciones de transferencia tenemos [7]:

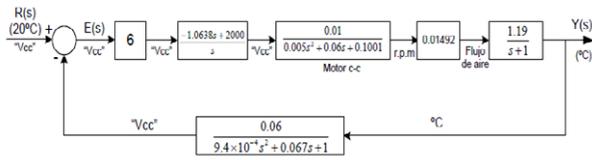


Fig. 10: Diagrama de bloques con funciones de transferencia.

Realizando la simplificación de los diagramas de bloque indicados previamente se obtiene:

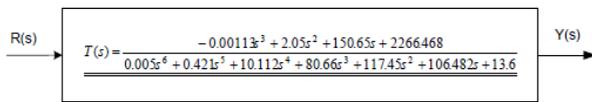


Fig. 11: Reducción de diagramas de bloques.

Resultados y discusión

Con la variación del cambio climático, la salud de los ocupantes dentro de lugares cerrados genera mucha preocupación, sobre todo en los habitáculos de los vehículos, por lo que las grandes compañías vienen desarrollando sistemas de control climatizados, sin embargo, no se consideran o se olvidan las condiciones de estacionarios de los vehículos, estas se ven alteradas constantemente con el pasar de las horas, de manera que provocan la acumulación de gases, bacterias y condiciones térmicas extremas en relación al exterior debido a que son habitáculos cerrados, por lo cual en este trabajo se estructura un sistema de control de bajo consumo que permite mantener condiciones controladas y, sobre todo, en una preestablecida por el conductor del vehículo, para así optimizar las condiciones de uso, por lo que disminuye el estrés, la afectación a la salud y mejora la confortabilidad de los ocupantes.

La susceptibilidad de la temperatura al control viene dada por los siguientes aspectos:

- Al hacer uso de un sensor de temperatura, se puede leer la temperatura del habitáculo (T muestra).
- Se pueden realizar comparaciones de la temperatura de muestra con la de ajuste (T ajuste), entendiendo que los sensores dan variaciones lineales de voltaje con respecto a la temperatura
- Se logra determinar el valor del voltaje de entrada (T entrada) necesario para que la temperatura de la muestra se acerque lo mejor posible a la temperatura de ajuste.
- Es fácil influir en su valor para hacerla que aumente o disminuya dependiendo de las necesidades.
- Los sensores existentes para este propósito son muy variados y fáciles de conseguir en el mercado.

Las unidades de medida estarán relacionadas correctamente con la salida de cada uno de los elementos del sistema de control, por lo que se tiene el siguiente diagrama de bloques que las relaciona [7]:



Fig.12: Diagrama de bloques.

Los dispositivos usados en el presente trabajo son adecuados matemáticamente acorde a sus características propias mismas que pueden variar de acuerdo con la necesidad del sistema a implementarse o a las condiciones externas de operación del circuito. Las características y ecuaciones generadas se muestran a continuación:

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3462>

Amplificador control de inversor.

Ganancia del amplificador no inversor:

$$K_a = 1 + \frac{R2}{R1} = 6$$

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) V_{in}$$

$$V_{out} = \left(1 + \frac{5000}{1000}\right) 1 - 33$$

$$V_{out} = 7.98V$$

$$F(s)_1 = 6$$

Controlador.

Ganancia del amplificador proporcional inversor:

$$K_p = \frac{-R2}{R1} = -1.0638$$

Ganancia del Circuito integrador:

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt$$

$$\frac{U(s)}{E(s)} = 1.063 + \frac{2000}{s}$$

Cálculo de la resistencia de polarización de los transistores:

Transistor TIP31

$$I_c = 7A_{m\acute{a}x.}$$

$$h_{fe} = 20_{min.}$$

Corriente del motor del ventilador ($I_c = 0.5A$)

Voltaje a la salida del P máx = ± 8V

Voltaje Base-Emisor = 0.7V

$$I_b = \frac{I_c}{h_{fe}}$$

$$I_b = 0.025A.$$

$$R_b = 292ohms.$$

$$F(s)_2 = K_p + \frac{K_i}{s}$$

$$F(s)_2 = -1.0638 + \frac{2000}{s}$$

Circuito El electrónico.

Comparador:

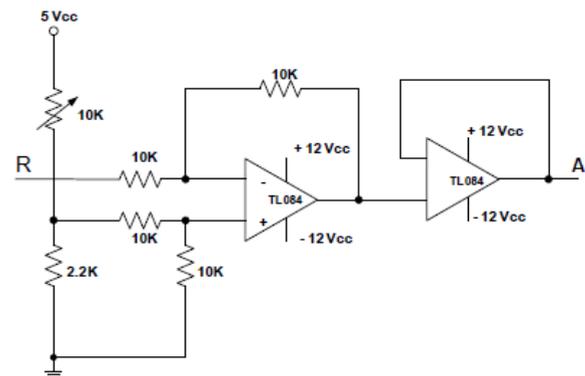


Fig. 13: Circuito comparador.

Amplificador:

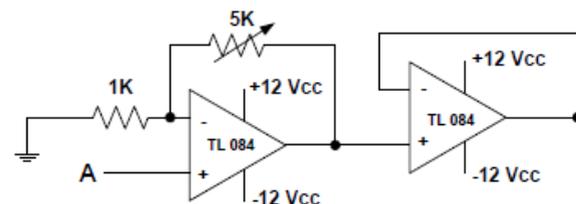


Fig. 14: Circuito amplificador.

Controlador PI:

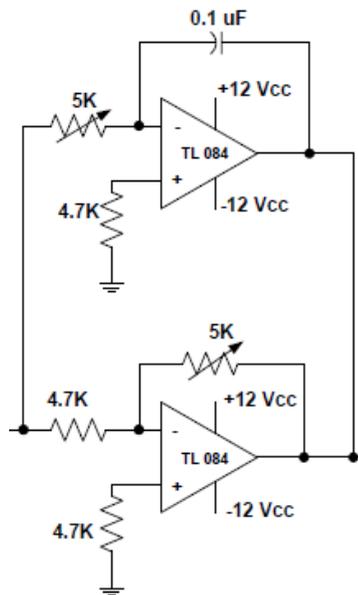


Fig. 15: Circuito controlador PI.

Ventilador:

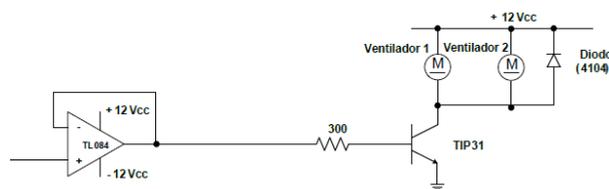


Fig. 16: Circuito ventilador.

Características técnicas aproximadas de los motores para un ventilador [11]:

Motor a 12V.

Voltaje nominal 12V.

Torque nominal 10 mNm.

Velocidad nominal c/carga 2815 ± 385 rpm

Velocidad nominal s/carga 3310 ± 460 rpm

Torque de inicio 70 ± 17 mNm

En la Fig. 17 se muestra el esquema del motor eléctrico de corriente continua, circuito eléctrico y armazón del motor que funciona como un actuador en sistemas de control.

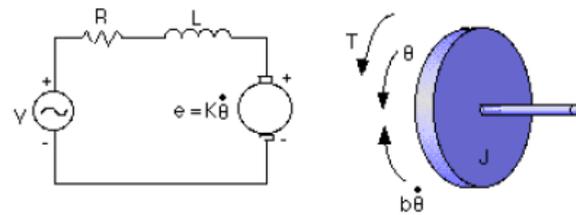


Fig. 17: Esquema motor eléctrico.

Ecuaciones del sistema [7], [2].

El torque del motor (T) se relaciona con la corriente de armadura (i) por un factor constante (K_t). La fuerza electromotriz (e) se relaciona con la velocidad rotacional que permite el control del sistema mediante las siguientes ecuaciones:

$$T = K_t i$$

$$e = K_e \dot{\theta}$$

Las siguientes ecuaciones son el resultado de la combinación de la ley de Newton con la de Kirchhoff:

$$J\dot{\theta} + b\theta = K_i i$$

$$L \frac{di}{dt} + R_i i = v - k\theta$$

Las funciones de transferencia con base en el cálculo de la Transformada de Laplace y las ecuaciones del modelo descrito son expresadas en términos de s .

$$s(Js + b)\theta(s) = KI(s)$$

$$(Ls + R)I(s) = V - Ks\theta(s)$$

Se obtiene una función de transferencia, donde la velocidad rotacional es la salida y la tensión es considerada como entrada.

$$\frac{\dot{\theta}}{V} = \frac{K}{(Js + b)(Ls + R) + K^2}$$

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3462>

$$F(s)_3 = \frac{0.01}{(0.01s + 0.1)(0.5s + 1) + 0.01^2}$$

El diagrama de bloques es procesado en el software MatLab como muestra la Fig. 18.



Fig. 18: Diagrama de bloques en MatLab.

Con el uso MatLab y Simulink, ingresamos los valores del controlador PI, con lo cual el programa se encarga de controlar la función de transferencia que es fija, y no puede ser modificada debido a que el diseño en este caso es único para el sistema de climatización de temperatura.

El diseño permite ingresar datos en botones programados, con el fin de insertar códigos que nos permitan interactuar entre el usuario y el modelado de manera amigable, los datos ingresados son procesados por Simulink y presentados en forma de curvas para su mejor visualización y análisis [7].

Ciertos procesos son ejecutados en segundo plano, tales como la función del controlador; el objetivo es que dicha función no sea modificada, con lo que se permite verificar cuál función fue ingresada originalmente para efectos de análisis, control y toma de decisiones.

De acuerdo a [8], una característica importante del comportamiento dinámico de un sistema de control es la estabilidad absoluta, la cual, de forma cualitativa se clasifica como sistema estable, críticamente estable o inestable.

Una vez procesada la función, el simulador muestra una ventana de axis en la que se grafican las curvas del circuito del climatizador controlado por un PI. [11]

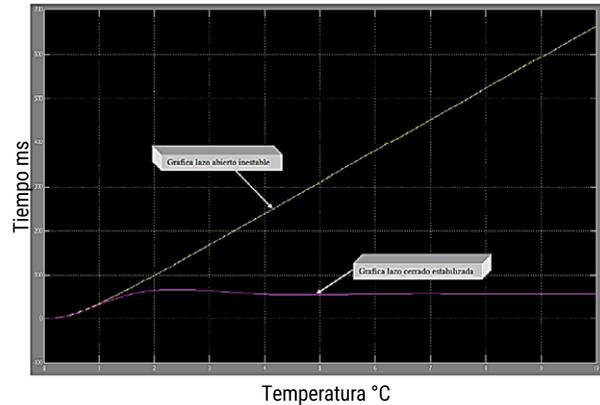


Fig.19: Lazos abiertos inestables y lazos cerrados estables.

En la Fig. 19 se representan las gráficas de resultados obtenidos, cabe indicar que en este diagrama de control interactúan varias funciones de transferencia; en el procesamiento del programa se logra estabilizar el sistema y presentar los datos.

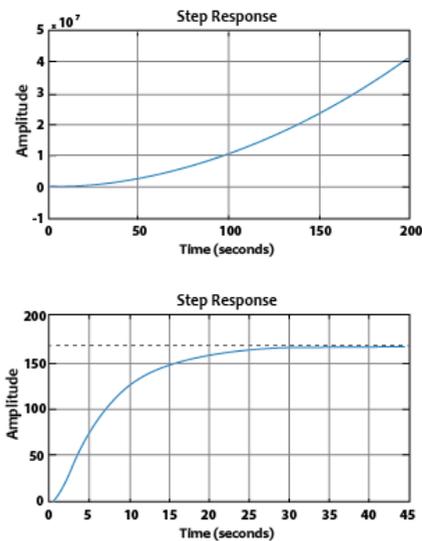


Fig. 20: Curvas de resultados.

La ubicación y búsqueda de los diferentes elementos y dispositivos a utilizar son fundamentales para el correcto funcionamiento del controlador y del circuito climatizador del habitáculo.

Una vez concluido el análisis del controlador, con base en los datos obtenidos se puede construir, codificar e implementar un circuito de automatización y sistematización electrónica aplicable a vehículos modernos o habitáculos de cualquier tipo [7].

La Fig. 20 representa las gráficas de curvas y resultados obtenidos, el software de procesamiento permite la visualización de las gráficas acorde con los procesos automatizados.

Se logra obtener un sistema de control térmico adecuado para el habitáculo en vehículos, de modo que se mantiene estable la temperatura y calidad del aire, a fin de cuidar la salud de los ocupantes, mejorando la seguridad y lucidez al conducir y adicionalmente brindando confort a sus pasajeros.

2. CONCLUSIONES

Los controladores operacionales nos permiten controlar con precisión y con un consumo mínimo de energía dispositivos que ayudan a la optimización de zonas cerradas con cambios de temperatura extremas, así se mejora y estabiliza dicho ambiente.

Las ecuaciones obtenidas permiten controlar y especificar los lazos de temperatura y tiempos de trabajo para la estabilización del sistema.

Este dispositivo propone propiciar condiciones idóneas para evitar la generación o propagación de enfermedades e incubación de bacterias cuando los cambios de temperatura son extremos dentro del habitáculo de un vehículo.

Los cambios de temperatura forman parte del análisis y estudio de la física e ingeniería, el sistema propuesto permite realizar a futuro el análisis, bajo distintas condiciones térmicas dentro de cada habitáculo, donde con ayuda de la bioingeniería y sus estudios, se llegará a mejorar la salud de los ocupantes de vehículos.

3. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo y colaboración a las instituciones, autoridades y personas que colaboraron con el proceso de análisis y laboratorios de pruebas para realizar los distintos procedimientos y adquisición de datos, a la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a la Universidad Castilla La Mancha.

4. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran la inexistencia de conflicto de interés con institución o asociación comercial de cualquier índole.

5. REFERENCIAS

- [1] ASHRAE, *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta: ANSI/ASHRAE, 2013.
- [2] F. P. Incropera, y D. P. De Witt, *Fundamentos de Transferencia de Calor*; 4ta edición, Prentice Hall, 1999.
- [3] ASHRAE, 2013, Part 55-103 Norma 55-103. *Thermal environmental conditions for human occupancy*.
- [4] F. J. Chávez del Valle, *Zona Variable de confort térmico*. Universitat Politècnica de Catalunya, 2002.
- [5] D. A. Peláez, *Técnicas del automóvil: sistemas de climatización*. España: Paraninfo, 2003.

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3462>

- [6] M. Mazzone, *Controladores PID*. Universidad Nacional de Quilmes, 2002.
- [7] H. L. Tsai, and J. M. Lin, "Model building and simulation of thermoelectric module using Matlab/ Simulink", *Journal of Electronic Materials*, vol. 39, no. 9, 2010. DOI: 10.1007/s11664009-0994-x
- [8] Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control Moderna* (5ta. Ed.). Madrid, España: Pearson Educación.
- [9] R. J. Betancourt Maldonado, y F. G. Flores Piña, "Diseño y construcción de un módulo didáctico de control de temperatura", Tesis, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, 2009.
- [10] Bosh, *Manual de la Técnica del Automóvil*. Reverte, 1999.
- [11] M. A. Pérez, V. B. Baltazar, J. P. Ramírez, y F. M. Valle, "Diseño de controladores P, PI y PID para el comportamiento dinámico de un servo-sistema hidráulico, basado en desarrollo experimental". *Investigación*, vol. 2, no. 16, pp. 13-21, 2014. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/hevila/EpistemusCien-tecnologiaysalud/2014/no16/2.pdf>

CÓDIGO DE CONDUCTA Y GUÍA PARA AUTORES

Código de conducta

La revista Lámpsakos es una publicación digital semestral, adscrita a 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 los meses de enero-junio y julio-diciembre) con alcance nacional e internacional, tiene circulación en línea de libre acceso, bajo estándares de rigor científico y de calidad editorial.

La revista Lámpsakos, es de acceso abierto financiada por la Universidad Católica Luis Amigó, quien se ocupa de todos los costos de edición, publicación y divulgación. Por lo tanto, no genera ningún cobro a sus colaboradores (autores, lectores, revisores, bibliotecarios, etc); ni genera ninguna retribución económica ni a los autores, ni a los miembros de los comités. Las decisiones y procedimientos se rigen por criterios de calidad académica, excelencia investigativa, integridad, honestidad y transparencia, por lo que se adhiere a los principios del Committee of Publication Ethics (COPE).

Lámpsakos, se rige a los criterios emitidos por la jurisprudencia colombiana, mientras se rige paralelamente con los derechos de autor y los derechos afines con la sociedad de la información. Enmarcados siempre ante las normas de calidad de diversos sistemas de indexación y resumen.

El código de conducta, tanto la guía para autores, deben ser adoptadas por cualquier actor que se vincule a la revista, en proporción al rol que ejerza.

Equipo de colaboradores

Con el fin de certificar y garantizar que el actuar de cada uno de los actores implicados se de en el marco de la ética, transparencia, calidad y rigor científico, proporcionando siempre un equipo humano que contribuya a dirimir conflictos, esta revista se acompaña de los siguientes comités:

Directora/ Editora

Ingrid-Durley Torres

PhD(c) en Ingeniería de Sistemas
Investigador Reconocido en Colciencias

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-Lopera, Ph.D., Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Julián Alberto Patiño-Murillo, Ph.D(C)., Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

El comité editorial, se conforma de un equipo humano cuya formación y conocimientos, se relacionan completamente con la orientación temática de la revista y ejercen funciones orientadas a otorgar los niveles de calidad y rigurosidad que demanda. Para cumplir con lo citado, los integrantes de éste comité, revisan, supervisan, dirigen y velan que cada manuscrito presentado y publicado, cumpla con el enfoque, la orientación y los criterios de calidad. Tienen la cualidad de fungir como editores invitados en números especiales y contribuyen con la divulgación de la revista, a fin de incrementar el interés académico y científico de autores y lectores de Lámpsakos, en el mundo. Pueden en algunas contadas ocasiones, someter sus publicaciones al mismo proceso editorial de ésta revista, siempre respetando los parámetros para ello establecidos.

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

El equipo humano del comité científico goza de reconocimiento en el medio académico, y actúan como asesores externos. No forman parte de su actividad, evaluar artículos y excepcionalmente someten artículos. Su tarea es acompañar con su objetividad la pertinencia y calidad científica de los artículos postulados a publicación.

Consejo Editorial

Isabel Cristina Puerta Lopera, Ph.D. Vicerrectora de Investigaciones

Carlos Alberto Muñoz, jefe de la oficina de comunicaciones y RRPP

Paula Andrea Montoya Zuluaga, Representante de los docentes investigadores

Carolina Orrego Moscoso. Jefe Departamento de Fondo Editorial

Alvaro Osorio Tuberquia, Jefe de departamento de Biblioteca

David Esteban Zuluaga Meza, Representante de los directores-editores de Revistas Científicas

Juan Diego Betancurt Arias, Representante de los directores-editores de Revistas de Divulgación

Enfoque

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, ingeniería electrónica, ingeniería eléctrica, ingeniería ambiental, ingeniería civil, ingeniería mecánica, ingeniería industrial y demás tópicos centrados en el área de ingeniería.

Público objetivo

Lámpsakos está dirigida al público nacional e internacional, con interés manifiesto en los temas actuales y científicos de la Ingeniería. Permitiendo aportar conocimientos contextualizados de soluciones reales sobre problemáticas contemporáneas del ámbito de la ingeniería.

Toda la reclamación se recibirá por escrito mediante correo electrónico a la revista lampsakos@amigo.edu.co. El plazo máximo será de 5 días hábiles a partir de la recepción de la disconformidad.

Revisión editorial, antiplagio y evaluación de artículos

1. **Revisión temática de estructura y normas de citación.** Se evalúa la pertinencia del texto con los ejes temáticos de la revista y el cumplimiento de los criterios que se describen en las código de conducta y guía para autores. En caso que no responda a dichos parámetros, se regresa al autor; si la presentación formal o de fondo debe mejorarse, se le solicita realizar las correcciones y hacer un nuevo envío en un tiempo ajustado al cronograma de edición; si el artículo cumple con las condiciones mencionadas, se dará paso a la segunda etapa del proceso.
2. **Política antiplagio.** 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. El sistema tecnológico genera un reporte e índice de similitud; si este último es superior al 25%, el artículo es descartado; si por

el contrario el índice es hasta del 25%, el artículo continúa en la tercera etapa del proceso. A partir del reporte se identifican, errores en el manejo de las citas y referencias, adecuado uso de las fuentes primarias y credibilidad de la información, con lo que se pretende prevenir el plagio.

3. Evaluación por pares. Los artículos se someten a evaluación por pares bajo la modalidad de doble ciego, es decir, que es confidencial la información de los autores para los dictaminadores, y viceversa; a esto se agrega que entre estos últimos no se dan a conocer datos personales ni los conceptos evaluativos. Una vez iniciada la evaluación del artículo, los autores se comprometen a no retirarlo hasta la finalización del proceso. El tiempo estimado entre la recepción del artículo y la evaluación es de tres (3) meses. Este lapso puede tener variaciones según la temática del artículo y otros procesos editoriales.

a. **Selección de evaluadores:** la revista cuenta con una base de datos de académicos investigadores, nacionales e internacionales, con experiencia en el ámbito de la ingeniería, respaldado con publicaciones científicas. Para cada artículo se asignan dos pares evaluadores que cumplan con las siguientes exigencias:

- i. Niveles de formación en maestría y prioritariamente, doctorado;
- ii. Sin conflicto de intereses respecto al tema o artículo que evalúen;
- iii. No pertenecer al comité editorial o al científico de la revista ni a la Universidad Católica Luis Amigó;
- iv. Si es colombiano, debe estar reconocido por Colciencias, en caso contrario, tener título de posgrado o un índice H5 mayor a 2.

b. **Revisión de los artículos:** la dirección de la revista entrega a los árbitros el artículo acompañado de un formato de evaluación en el que se abordan los siguientes elementos formales y temáticos:

- i. Pertinencia del artículo de acuerdo con los intereses de la revista
- ii. Correspondencia del título con el tema
- iii. Vigencia del tema
- iv. Utilización de términos y conceptos según la disciplina
- v. Pertinencia de gráficas, tablas y figuras
- vi. Utilización adecuada de las citas y referencias
- vii. Actualidad de las referencias
- viii. Novedad del trabajo
- ix. Rigor teórico-metodológico
- x. Coherencia del texto

4. Decisión: el formato se cierra con tres alternativas de dictamen:

- a. "Se publica sin modificaciones";
- b. "Se publica con correcciones";
- c. "No se publica".

Si ambos evaluadores consideran que el artículo “no se publica”, la dirección de la revista comunica la decisión al autor y envía, como soporte, el resultado de las evaluaciones entregado por los árbitros. Si ambos evaluadores coinciden en que el artículo “se publica sin modificaciones”, se informa al autor la decisión y se remite el artículo a la fase de edición. Si un evaluador considera que el artículo debe publicarse sin modificaciones y otro indica que “se publica con correcciones”, se informa al autor acerca de los cambios que debe implementar y la fecha en que debe hacer llegar el documento con las correcciones solicitadas. Si uno de los dos califica el texto como “no publicable”, mientras el otro lo favorece, la dirección de la revista nombrará un tercer árbitro (manteniendo la modalidad “doble ciego”) para dirimir la controversia. Una vez recibida la tercera evaluación, se comunicará al autor el dictamen.

Causales de rechazo:

- Que la temática del manuscrito, no corresponda al área de ingeniería.
- El plagio y el autoplagio, la adulteración, invento o falsificación de datos del contenido y del autor.
- Que el artículo haya sido publicado total o parcialmente, perdiendo el carácter de inédito.
- Que el contenido no tenga un nivel de originalidad igual o superior al 75%. Se entiende por originalidad de una obra aquello que resulta de la capacidad del autor de crear, hallar, analizar, imaginar.
- La existencia de conflictos de interés. Es deber de los autores notificar a la revista cualquier situación que pueda influir en los resultados o interpretación de su escrito.
- El incumplimiento de las directrices de la revista: código de conducta y guía para autores.
- La escritura en términos obscenos, abusivos, difamatorios, injuriosos o que de cualquier modo vayan en contravía de la dignidad humana o del buen nombre de una persona natural o jurídica.
- La detección tanto de datos recogidos sin los permisos necesarios de las personas naturales o jurídicas en estos implicadas, como de hallazgos falsos o convenidos.
- Toda información o acto que vaya en contravía de las leyes nacionales e internacionales de Derechos de Autor y de Protección a menores.

Comunicación con los autores

- Las decisiones editoriales se informarán a los autores de manera oportuna, en términos respetuosos y procurando el mutuo aprendizaje.
- Cada etapa del proceso editorial, la publicación y divulgación será notificada a los autores, quienes en uso de sus derechos podrán hacer y solicitar cambios al texto hasta antes de ser informados de la disposición pública del material diseñado.

- Causales de suspensión de la publicación del artículo
- La detección durante cualquier etapa del proceso de alguno de los términos de rechazo descritos en este apartado.
- Duda o disputa de autoría y coautoría.
- Solicitud de los autores de cualquier tipo de privilegios.

Transparencia

- Los comités velarán por la calidad académica de la revista; por ende, sus opiniones son consultadas periódicamente y estarán al tanto de la disposición en línea de la revista final.
- El editor-director, los comités y los evaluadores tendrán libertad para emitir su opinión sobre la viabilidad de publicación del artículo.
- La revista no revelará a los evaluadores los nombres de los autores, y viceversa, mientras se cumpla el proceso de edición y revisión de los textos. El grupo evaluador será publicado en las páginas preliminares de cada número.
- En ningún caso, la dirección de la revista exigirá al autor la citación de la misma o de alguno de los miembros de su equipo de colaboradores.
- Los evaluadores declaran la inexistencia de conflictos de interés; es decir, que su concepto no está sesgado por ningún tipo de conveniencia: financiera, laboral, profesional, personal o cualquier otra de la que pueda desprenderse un juicio no objetivo sobre el texto.

Modelo sin cobro

- La revista no paga a los autores por sus contribuciones ni genera cobros
- por las actividades del proceso editorial o por la publicación.
- No se generan retribuciones económicas a los evaluadores o miembros de los comités.
- Todos los costos de producción editorial, publicación y divulgación son asumidos por la Universidad Católica Luis Amigó.

Ética de la publicación y buenas prácticas

Responsabilidades del editor: el editor de la revista Lámpsakos es el encargado de seleccionar los artículos que harán parte de los volúmenes semestrales de la Revista. Para ello, él mismo se rige por el código de conducta que acoge esta publicación. La selección de los artículos estará guiada por su nivel académico y pertinencia temática, y en este sentido la discriminación por género, orientación sexual, nacionalidad, origen étnico o inclinaciones religiosas o políticas de quienes postulen sus manuscritos nunca será considerada como un criterio de selección. Ahora bien, el editor tiene la posibilidad de discutir las decisiones con respecto a la selección de artículos que tomen otros órganos de la publicación, siempre bajo los criterios de calidad de los textos en el ámbito de la investigación de la ingeniería. En relación con los autores, el editor está comprometido a mantener la confidencialidad de las decisiones que se tomen sobre sus artículos, y en este sentido, solo se comunicará con los autores, y nunca con personas externas al proceso, sobre los arbitrajes. Finalmente, el editor evitará expresamente gestionar artículos que deriven en conflictos de intereses como resultado de alguna conexión posible con estos, con el objetivo de mantener la transparencia en el proceso de edición y publicación.

Responsabilidades de los evaluadores: como parte fundamental del proceso de publicación, los revisores deben mantener la confidencialidad de los manuscritos que se les envían y, en este sentido, evitar compartir con terceros el material a arbitrar. Es fundamental que mantengan objetividad y neutralidad a la hora de formular sus críticas a los manuscritos, sobre todo, estas deben estar fundamentadas en argumentos razonables. Los evaluadores están en libertad de apoyar al editor y al autor para elevar, con sus sugerencias, la calidad académica de los textos que han evaluado. También es su responsabilidad abstenerse de usar para su beneficio el material a arbitrar, y en esta misma línea, evitar hacer parte de procesos de evaluación de los cuales pueda derivarse algún conflicto de intereses. Finalmente, se espera que los evaluadores cumplan los tiempos asignados para su arbitraje y comuniquen al editor sobre su posibilidad de revisar de manera oportuna e idónea el texto que se les invita a evaluar.

Responsabilidades de los autores: deben regirse por las normas de publicación y el código de ética que acoge nuestra Revista. Según lo anterior, se exige que sus manuscritos sean originales, inéditos y que no se encuentren en proceso de evaluación en otra revista. Como partes de una comunidad de investigadores, sus textos deben regirse por procedimientos que permitan el desarrollo de su disciplina en el orden científico, es decir, sus textos deben aportar datos veraces y confiables, referencias y fuentes completas y el desarrollo de las temáticas de tal orden que otros investigadores puedan corroborar, discutir o apoyar lo que en ellos se expone. Dado lo anterior, afirmaciones falsas o erróneas no serán toleradas por nuestra publicación. Los manuscritos presentados deben dar reconocimiento de su autoría a las personas que participaron en su construcción y redacción, y en este sentido, tanto autores principales como coautores deben estar incluidos en el texto y haber consentido y revisado la información que se presentará a la Revista. Los autores deben respetar la integridad de las comunidades que participan de sus investigaciones y

garantizar la presentación de los formatos que dan cuenta de la participación voluntaria y digna de estas. Asimismo, los datos sobre las fuentes de financiación de su investigación deben ser transparentes. Finalmente, el autor tiene el compromiso de poner en conocimiento, inmediatamente, al editor de algún tipo de error o inexactitud que se haya publicado en su propia investigación.

Procedimiento para dirimir conflictos derivados de comportamientos no éticos: Se solicita, a quien realiza alguna reclamación, que identifique, antes de afirmar que se incurre en un comportamiento que contraviene la ética de nuestra publicación, la naturaleza de la falta y las pruebas que la demuestran, y proceda entonces a elevar su reclamación al editor de nuestra Revista.

Reclamaciones

- Si una vez publicado el artículo: 1) el editor descubre plagio, adulteración, invento o falsificación de datos del contenido y del autor o errores de fondo que atenten contra la calidad o científicidad, podrá solicitar su retiro o corrección. 2) Un tercero detecta el error, es obligación del autor retractarse de inmediato y se procederá al retiro o corrección pública.
- Durante el proceso de edición, los autores deben reportar al editor cualquier error o inexactitud que identifiquen en el material enviado; si el artículo es publicado con dichas faltas, deben solicitar a la revista la corrección o retractación inmediata.
- Procedimiento para dirimir conflictos derivados de comportamiento no éticos
- Identificar, antes de asegurar que se incurre en comportamientos no éticos, la naturaleza de la falta y las pruebas que la corrobora.
- No emitir ningún juicio u observación asociada con situaciones particulares que estén en estudio hasta que se hayan reunido todas las pruebas y se tenga plena certeza de la existencia de la falta.
- Presentar ante el comité editorial las pruebas correspondientes al caso para que este considere, de acuerdo a la naturaleza de la falta, las acciones que se tomarán frente a la mala conducta.

Entre las acciones que se podrían aplicar, según la naturaleza de la falta, se tienen:

- Informar al autor acerca de la falta, corregirla y llamar la atención para que no se incurra en ella en publicaciones futuras.
- Retracción formal con publicación de una nota editorial en la que se informe el motivo y se llame la atención acerca de la importancia de las buenas prácticas éticas.
- Retiro del artículo con publicación de una nota editorial en la que se informe el motivo y se llame la atención acerca de la importancia de las buenas prácticas éticas.

- Solicitud escrita de retiro del artículo de una publicación paralela, siempre y cuando se evidencie que la versión disponible en Lámpsakos fue precedente.
- Los autores tendrán derecho a que se les publique, junto con la nota editorial, una declaración pública de máximo 80 palabras, en la que se expongan las razones de la falla que originó la acción.
- Informar a las entidades financiadoras, académicas o comerciales, acerca de la falta y las implicaciones de la misma, con el fin de que promueva las buenas prácticas éticas entre sus investigadores.
- Las opiniones contenidas en los artículos son atribuibles de modo exclusivo a los autores; por lo tanto, la Universidad Católica Luis Amigó no es responsable de lo que estas pudieran generar.

Toda reclamación se recibirá por escrito mediante correo electrónico (lampsakos@amigo.edu.co). El plazo máximo de respuesta será de cinco días hábiles a partir de la recepción de la disconformidad.

Derechos de autor y acceso a la publicación

Derechos morales. Se reconoce a los autores la paternidad de la obra y se protege la integridad de la misma. Los autores pueden tener derechos adicionales sobre sus artículos, según lo establecido en su acuerdo con la revista. Además, ellos son moral y legalmente responsables del contenido de sus textos, así como del respeto a los derechos de autor de las obras consultadas y de las citadas en estos; por lo tanto, no comprometen en ningún sentido el pensamiento de los comités, del equipo editorial, los evaluadores, ni de la Universidad Católica Luis Amigó.

Licencia

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. © 2018 Universidad Católica Luis Amigó. Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden encontrarse en <https://www.funlam.edu.co/modules/fondoeditorial/item.php?itemid=264>

Publicación y divulgación

La revista completa y los textos individuales se publican en formatos PDF y HTML en el *Open Journal Systems* (en el siguiente enlace: <http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos>). La revista y cada artículo cuentan con *Digital object identifier* (DOI), lo que facilita su localización en internet, esta herramienta garantiza la preservación de acceso al contenido de la revista en caso que deje de publicarse. La revista usa la publicación anticipada, con el propósito de responder a las necesidades de vigencia del contenido y a los requerimientos de los autores y del medio. Este recurso se utiliza una vez se tengan los conceptos satisfactorios de los pares evaluadores; la publicación provisional contiene la última versión enviada por los autores, sin que aún se hayan realizado la corrección de estilo, la traducción y la diagramación.

Lámpsakos utiliza, entre otros medios, las redes sociales y académicas para la divulgación de su contenido. Y actualmente, está reconocida por diferentes servicios de indexación (ESCI, Dialnet, EBSCO, REDIB, InfoBaseIndex, Sapiens-Research, Publindex, Latindex, MIAR, J4F).

Periodicidad de la publicación

Lámpsakos es de carácter semestral. Publica dos números por año, correspondientes a los periodos enero-junio y julio-diciembre.

Recepción de contribuciones

Medio y términos de recepción. Los textos propuestos se remiten mediante el Open Journal System (OJS), software de administración y publicación de revistas que permite el seguimiento a los documentos en sus distintas etapas. Los envíos en línea requieren de usuario y contraseña, que pueden solicitarse en <http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/about/submissions#onlineSubmissions>. No se recibirán artículos impresos ni versiones parciales del texto, es decir, aquellas que estructuralmente no se ajustan a alguno de los tipos de artículo descritos en la guía para autores de la revista Lámpsakos.

La dirección de la Revista dará respuesta en un máximo de cinco (5) días acerca de la recepción del documento, pero esto no supone ni obliga su publicación.

Las consultas para la remisión pueden enviarse al correo electrónico de la revista (lampsakos@amigo.edu.co).

Compromiso de los autores y cesión de derechos. Una vez el Editor verifique el cumplimiento de los requisitos mínimos, solicitará a los autores que: i) declaren que el trabajo es original, inédito, no está siendo evaluado simultáneamente en otra revista; ii) se comprometan a no retirar el artículo luego de la evaluación de pares, si esta determina la viabilidad de la publicación, bien sea en el estado actual o con modificaciones; iii) declaren la inexistencia de conflictos de intereses y manifiesten la cesión de derechos patrimoniales a favor de la Universidad Católica Luis Amigó. iv) autoricen el tratamiento de sus datos personales.

Publicación de datos de autor. Una vez enviado el artículo, se entiende que el autor autoriza la publicación de los datos personales relacionados en la nota de autor.

Autorización para tratamiento de datos. La Universidad Católica Luis Amigó como responsable del tratamiento de los datos y dando cumplimiento a la Ley 1581 de 2012 y al Decreto 1377 de 2013, manifiesta que los datos personales de los integrantes de los comités, evaluadores y autores, se encuentran incluidos en las bases de datos institucionales y son de uso exclusivo de la Universidad. Según la política de privacidad, la cual puede consultar en nuestro sitio web www.ucatolicalluisamigo.edu.co, los datos no son compartidos o suministrados a terceros sin la autorización previa del titular. Además, la Institución cuenta con los medios tecnológicos idóneos para asegurar que sean almacenados de manera segura y confiable.

De acuerdo con lo anterior, es obligación durante el proceso de edición de la Revista Lámpsakos, autorizar a la Universidad Católica Luis Amigó para el tratamiento de los datos personales, para las finalidades propias de la Institución.

Declaración de privacidad. Todos los datos de autores, comités, evaluadores y de-más colaboradores de Lámpsakos les introducidos en la plataforma OJS y/o en los artículos se usarán exclusivamente para la inclusión de la Revista en Sistemas de Indexación y Resumen y los fines declarados por la misma y no estarán disponibles para ningún otro propósito u otra persona.

Cierre de edición. La recepción de los artículos de investigación es permanente, pero se establecen como fechas de cierre para la selección de los artículos: el tercer viernes de marzo para el número correspondiente al periodo de julio-diciembre; y el tercer viernes de septiembre para el número que se publica en enero-junio. A partir de esos vencimientos, se iniciarán las actividades de corrección de estilo, diagramación, revisión de muestras y demás, propias del proceso de disposición pública del material. Dado el alto número de artículos que recibe la Revista, las actividades de revisión y evaluación se efectúan según el orden de llegada; el tiempo fijado entre la recepción de los artículos de investigación y su publicación es de seis (6) meses.

Aval del Comité de ética. Con el fin de evidenciar que se cuenta con los permisos necesarios de las personas naturales y jurídicas implicadas en la investigación de la que es producto el documento, cada artículo que a dichos actores se refiera debe enviar a la revista una copia del aval del Comité de ética del consentimiento y asentimiento informado de la investigación.

GUÍA PARA AUTORES

La revista Lámpsakos es una publicación adscrita a la Facultad de Ingenierías 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. Su periodicidad es semestral (se publica en junio y diciembre) con alcance nacional e internacional, tiene circulación online de libre acceso, publicada bajo estándares de rigor científico y de calidad editorial. Para tal efecto, considera artículos que respondan a los lineamientos de la presente guía; por tal razón, la continuidad de los textos postulados está supeditada tanto a la comprensión y aceptación de los autores de las políticas de la revista, como al cumplimiento de los criterios que se describen a continuación.

Formación académica y filiación de los autores

Se reciben artículos de autores con nivel académico de especialización, maestría, doctorado y posdoctorado, y de estudiantes de posgrado que escriban en coautoría con docentes o investigadores titulados en alguno de los niveles mencionados.

Para velar por la exogamia institucional, prevalecerá la publicación de textos de autores externos a la Universidad Católica Luis Amigó, sin que esto prime sobre la calidad del contenido.

Idioma y tipología de los artículos

Los artículos pueden ser originales e inéditos, escritos en español o inglés siempre y cuando su estructura responda a uno de los tipos descritos por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – Colciencias en el Documento guía para la indexación, emitido en febrero de 2010 (p. 7), que se citan en esta sección:

1. **Artículo de investigación científica y tecnológica.** Documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de proyectos terminados de investigación. La estructura contiene seis partes importantes que dan cuenta del desarrollo formal de la investigación: introducción, metodología, resultados, discusión, conclusiones y referencias.
2. **Artículo de reflexión derivada de investigación.** 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.

Aunque la revista privilegia los tres tipos de artículos antes descritos, considera excepcionalmente:

4. **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. Se acepta para el proceso editorial, sí y solo sí, el estudio da cuenta de cada elemento citado: las experiencias, la revisión sistemática y la comparación con otros trabajos similares de la literatura.
5. **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 (Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – Colciencias en el Documento guía para la indexación, emitido en febrero de 2010 (pp. 7-8).

Cada número estará encabezado por:

6. **Presentación.** Documento redactado por el editor; da cuenta de los propósitos de la revista y de los artículos que componen el número en particular.
7. **Editorial.** Texto que recoge orientaciones y reflexiones sobre el dominio temático de la revista escrita por un miembro de los comités o un investigador invitado.

Excepcionalmente se publicarán reseñas de libros, que deberán ser escritas por un autor-investigador reconocido y obedecer a textos que se consideren de importancia para las disciplinas que cubre la revista. Por decisión del Comité editorial, las reseñas podrán ocupar el lugar del editorial.

Características de forma de los documentos

Los manuscritos que deseen participar en las convocatorias, deben cumplir:

- Formato en Word, en tamaño carta.
- Márgenes de 2 cm en cada lado
- Letra Arial tamaño 10 espacio sencillo en doble columna.
- Todas las figuras y tablas se ubican dentro del texto luego de haber sido mencionadas en el texto (no antes). Las tablas no tienen líneas separando las celdas.
- La extensión mínima es de 7.000 palabras y la máxima de 10.000, incluyendo tablas, figuras y notas, exceptuando referencias.

- Numeración bibliográfica según formato IEEE. Todas las citas en el manuscrito deben estar anotadas en las referencias bibliográficas. Tampoco deben existir referencias bibliográficas aisladas que no estén citadas dentro del cuerpo del manuscrito. Cada artículo deberá incluir al menos 15 referencias bibliográficas de calidad científica, con sus respectivos enlaces URL o DOI.
- El título del artículo se escribe en mayúsculas sostenidas, negrilla, cursiva y centrado (Arial 14). Los subtítulos se escriben en negrillas y alineados a la izquierda, con la primera palabra en mayúscula inicial –las demás en minúscula, exceptuando los nombres propios– (Arial 10). Los entretítulos tendrán negrilla, cursiva y mayúscula solo en la letra inicial (Arial 10).

Indicaciones para la redacción

Además de cumplir los lineamientos generales de ortografía y gramática propios del idioma en el que se presenta el artículo, la **redacción** debe ser clara y precisa, sin utilizar eufemismos ni discriminaciones en el lenguaje, como lo estipula el Manual de publicaciones de la *American Psychological Association* (APA, 2010, pp. 61-84). En ese sentido, las diferencias en cuanto al género, orientación sexual, grupo étnico o racial, discapacidades o edad deben mencionarse solo cuando sean relevantes para la comunicación.

Se debe evitar el uso de **citas secundarias** o “citas de citas”; en su lugar es recomendable citar a los autores originales.

Se recomienda el uso de la **cita literal** para presentar ideas que requieran precisión o discusión de términos.

El uso del **ampersand** (&) es exclusivo para citas y referencias en inglés.

El **título** debe tener una extensión máxima de 10 palabras; si incluye subtítulo, la extensión máxima total es de 15 palabras. En este se identifican las variables y asuntos teóricos que se investigan.

La **nota de autor** debe aparecer como pie de página para cada uno de los autores y debe contener lo siguiente: declarar su máximo nivel de formación académica y el programa del que egresó, su filiación institucional, correo electrónico, número de registro en ORCID y su perfil en Google Académico. Para la creación de este último se recomienda el siguiente tutorial: <https://www.youtube.com/watch?v=Xc3IUyjjYX8>. Se entiende que quienes firman como autores han contribuido de manera sustancial a la investigación.

Los autores deben incluir el nombre y apellidos bibliográficos, es decir, como comúnmente firman las publicaciones científicas. La normalización de este dato permite la trazabilidad de la producción del autor.

El **resumen**, debe ser analítico, estructurado de la siguiente manera: introducción, método, resultados y conclusión, y con un máximo de 150 palabras. En el caso de los artículos de reflexión derivada de investigación, el resumen debe ser del mismo modo, expresar clara y sucintamente el objetivo del artículo, los principales supuestos de los que parte, los argumentos que utiliza como soporte y la tesis que lo estructura. Jamás deben aparecer citas ni referencias en un resumen.

Las **palabras clave**, sin excepción, deben ser mínimo diez (10), separadas por ; escritas con mayúscula inicial y deben ser extraídas de un tesoro reconocido científicamente, tal es el caso del Tesoro de la Unesco, disponible en: [http://vocabularies.unesco.org/browser/thesaurus/es/..](http://vocabularies.unesco.org/browser/thesaurus/es/)

Los autores deben traducir al inglés el título, el resumen y las palabras clave. No se recomienda hacerlo a través de softwares o páginas web.

Las **notas al pie de página** únicamente se utilizan para aclaraciones o digresiones, jamás para referencias ni para información importante. Cuando sean necesarias las notas al pie, deben ir en letra Arial tamaño 8 puntos.

Estructura del artículo: en la **Introducción** se plantea el problema de investigación, los antecedentes y el marco teórico, las hipótesis y los objetivos específicos. En **metodología**, se describe la forma, el procedimiento y la técnica en qué se desarrolló la investigación. En **desarrollo** se da cuenta de los hallazgos de la investigación; si es necesario, se hace uso de tablas y figuras. En **conclusiones**, se escucha la voz propia de los autores, con las implicaciones que tiene la investigación realizada y la contribución evidenciando el aporte al área de ingeniería. En **trabajos futuros**, los autores describen las acciones futuras que tomará su investigación. En el **financiamiento** el autor(es) relaciona las instituciones que financiaron la investigación de la que se deriva el artículo. Con el **conflicto de intereses** el autor(es) declara la inexistencia de conflicto de interés con institución o asociación comercial de cualquier índole. En la sección de **agradecimientos**, se debe reconocer cualquier ayuda técnica, funciones de apoyo como recolección o ingreso de datos, reclutar participantes, dar sugerencias para el análisis estadístico o lectura, análisis del artículo y apoyo financiero indicando el nombre del proyecto de investigación del que se deriva el artículo, las entidades financiadoras, el código del proyecto, fase de desarrollo y fechas de inicio y finalización. También se incluye en esta sección el reconocimiento a tipo contrato o beca. Por último, en las **referencias** deben ir listadas todas las obras a que se hizo mención en el artículo. Es importante cotejar todas las partes de cada referencia con la publicación original, de manera que no se omita información para su fácil ubicación, incluyendo los DOI o las URL si están disponibles.

Estructuras de las citas y referencias

Las referencias se realizan en formato IEEE <http://www.ieee.org>. Solo se listan en las referencias las obras efectivamente citadas, bien haya sido de forma directa o indirecta. Es importante verificar que siempre se respete la manera como se firman los autores, esto es, que sí lo hacen con dos apellidos, así aparezcan tanto en el momento de la cita como en el listado de referencias. Igualmente es necesario conservar el orden de aparición de los autores en las fuentes consultadas, pues obedece al grado de contribución en la investigación. El orden de organización de las citas en la sección de referencias del artículo, se hace por orden alfabético del apellido del autor (No por orden de citación dentro del artículo).

Cita textual (o literal) corta: es cuando se reproduce con exactitud una idea de un autor compuesto por hasta 39 palabras. No se debe alterar ningún término del texto y en caso de precisar o introducir algo, se debe poner entre corchetes. La cita corta va entre comillas y luego de ellas se abren paréntesis para incluir el o los apellidos de los autores, el año y el número de la(s) página(s) de donde se tomó la idea textual. Este tipo de citas nunca van en cursiva y todo énfasis debe indicarse a quién pertenece (si se encuentra en el original o es un énfasis que se quiere hacer). Ejemplo: “Es infinitamente más cómodo, para cada uno de nosotros, pensar que el mal es exterior a nosotros [cursivas añadidas], que no tenemos nada en común con los monstruos que lo han cometido” [1].

La referencia correspondiente sería así:

- [1] R. Yousefian y S. Kamalasadán, "A Lyapunov function based optimal hybrid power system controller for improved transient stability", *Electric Power System Research*, vol. 137, pp. 6-15, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2016.03.042>

Citas literales o textuales de más de 40 palabras: las citas literales que tienen más de cuarenta palabras se escriben en párrafo aparte y sin comillas ni cursiva. Para efectos de su clara identificación para la diagramación, en la revista Lámpsakos se escriben en un tamaño de 10 puntos, con sangría a 1.0 cm. y sin comillas. Concluida la cita, se escribe punto antes de la referencia del paréntesis y posterior a este. Ejemplo:

La detección de las personas se realiza al inicio de la aplicación de guía, cuando el robot está en la recepción y en espera de un usuario. El algoritmo de detección comprueba si existe algún rostro en el área de visión, si detecta uno, el robot comenzará la interacción invitando al posible usuario a utilizar sus servicios. El usuario que desee utilizar el servicio deberá colocarse frente al robot y utilizar las opciones de una pantalla táctil, esto permitirá que el algoritmo de visión detecte y almacene el color predominante del usuario que será la persona más cercana al robot. El algoritmo de detección de rostros presenta un funcionamiento a una frecuencia promedio de 10Hz. [3].

La referencia correspondiente sería así:

- [3] K. L. Luna, E. R. Palacios and A. Marín, "A Fuzzy Speed Controller for a Guide Robot Using an HRI Approach", *IEEE Latin America Transactions*, vol. 16, no. 8, 2018. DOI: 10.1109/TLA.2018.8528222

Paráfrasis o cita no literal: este tipo de cita toma las ideas de una fuente original y las reproduce, pero no con los términos originales, sino con las propias palabras del autor. Se utiliza para exponer ideas generales. Ejemplo: El trabajo de [4] intenta potenciar una mirada objetiva del avance de la tecnología VoIP, con comparaciones actualizadas de diferentes servicios ofertados a la fecha.

La referencia correspondiente sería así:

- [4] M. D. Núñez Cuadrado, C. A. Jativa Huilcapi y R. A. Lara Cueva, "Evaluación del desempeño de la tecnología VoIP en un set de servicio extendido, en concordancia con IEEE 802.11g," *Sistemas y Telemática*, vol. 5, no. 42, pp. 85-100, no. 46, pp. 28-35, 2017.

Libros: para citar este tipo de referencia, se usa Iniciales y Apellido del autor, Título del libro en cursiva. Edición. Lugar de publicación: Editorial, Año de publicación.

Ejemplos:

- [1] R. G. Gallager. *Principles of Digital Communication*. New York: Cambridge University Press, 2008.

Artículo de revista: usar para referenciar, Iniciales y Apellido del autor, "Título del artículo entre comillas", Título de la revista en cursiva, volumen (abreviado vol.), número abreviado (no.) páginas (abreviado pp.), Año.

Ejemplos

[1] G. Liu, K. Y. Lee, and H. F. Jordan, "TDM and TWDM de Bruijn networks and sufflenets for optical communications," *IEEE Transactions on Computers*, vol. 46, pp. 695-701, June 1997.

Para referenciar **artículos que aún no han sido aceptados** para publicación, se empleará la frase "admitido para publicación" en lugar de la fecha. Si han sido aceptados, pero aún no aparecen publicados, usar "a ser publicado" en lugar de la fecha.

Artículos publicados en conferencias. Usar el siguiente formato: Iniciales y Apellidos del autor, "Título del artículo de conferencia", el Nombre completo de la conferencia en cursiva, Abreviación del nombre de la conferencia (si existe), Ciudad y País de la conferencia, año, páginas donde se relaciona el artículo (abreviado pp.)

Ejemplos

[1] N. Osifchin and G. Vau, "Power considerations for the modernization of telecommunications in Central and Eastern European and former Soviet Union" CEE/FSU), in *Second International Telecommunications Energy Special Conference*, 1997, pp. 9-16.

[2] G. Caire, D. Burshtein, and S. Shamai (Shitz), "LDPC coding for interference mitigation at the transmitter," in *Proceedings of the 40th Annual Allerton Conference in Communications, Control, and Computing*, Monticello, Italia, october 2002, pp. 217-226.

NOTA: La palabra "in" antes del título de la conferencia no se pone en cursiva.

Artículo presentado en conferencia, sin publicar: Usar el siguiente formato: iniciales y apellidos del autor, "Título del artículo de conferencia", incluir la palabra presentado en (en inglés presented at) el Nombre completo de la conferencia en cursiva, Abreviación del nombre de la conferencia (si existe), Ciudad y País de la conferencia, año.

Ejemplo:

[3] H. A. Nimr, "Defuzzification of the outputs of fuzzy controllers", presented at *5th International Conference on Fuzzy Systems*, Cairo, Egypt, 1996.

Informes técnicos (informes, documentos internos, memoranda): Para referenciar de esta manera se usa, iniciales y apellido del autor, "título del informe", nombre de la empresa, sede de la empresa, tipo de informe abreviado, número de informe, fecha de publicación.

Ejemplo:

[4] K. E. Elliot and C. M. Greene, "A local adaptive protocol", Argonne National Laboratory, Argonne, France, Tech. Rep. 916-1010-BB, 1997.

Tesis de máster o tesis doctoral: para referenciar este tipo de trabajo, se acude a la siguiente información, Iniciales y Apellido del Autor, "Título de la tesis o proyecto", clase de documento (tesis doctoral, trabajo fin de máster, etc.), Departamento, Institución Académica, Ciudad, País, año.

Ejemplo:

[5] H. Zhang, "Delay-insensitive networks", master thesis, University of Waterloo, Waterloo, ON, Canadá, 1997.

[6] J.-C. Wu. "Rate-distortion analysis and digital transmission of nonstationary images", doctoral dissertation, Rutgers, the State University of New Jersey, Piscataway, USA, 1998.

De internet: para referenciar trabajos que son tomados del internet, usar Iniciales y Apellido del Autor (año, mes y día). Título (edición).

Ejemplo:

[7] J. Jones. (1991, May 10). Networks (2nd ed.) <http://www.atm.com>

NOTA: los recursos en internet pueden presentar una tipología muy variada (revistas, monografías, sitios web de entidades, bases de datos, etc.) En general, se citan como el documento impreso del tipo al que pertenecen añadiendo la indicación del DOI (Digital Object Identifier) o URL.

Catálogos: para citar los catálogos, se debe usar Catálogo No. (o Catalog No. si es en inglés), Código del catálogo, Nombre del producto, Empresa, Ciudad, Estado

Ejemplo:

[8] Catalog no. NWM-1, Microwave Components, M. W. Microwave Corp., Brooklyn, New York.

Estándares o patentes: para citar este tipo de trabajo se usa, Iniciales y Apellido del autor, "Título de la patente", Número, Mes, Día, Año.

Ejemplo:

[9] K. Kimura and A. Lipeles, "Fuzzy Controller Component,"; U. S. Patent 14,860,040, December 14, 1996.

Envío Del Artículo

- Los artículos deberán enviarse a través del Open Journal de la revista: <http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/user/register>, hacer el registro de los metadatos allí requeridos.
- Los campos solicitados nunca deben diligenciarse con mayúscula sostenida.
- Con mayúscula inicial se escriben los nombres propios y también los comunes.
- Cerciorarse de ingresar las referencias correctamente en concordancia con las normas IEEE.
- Es preciso verificar que se cumplen los criterios de la guía para autores.
- Lea las políticas desarrolladas en el código de conducta; con estas deberá estar de acuerdo para participar efectivamente del proceso de edición y publicación –que incluye tanto el suministro de documentación, la autorización de tratamiento de sus datos personales, como ajustes a la propuesta de publicación–.
- Si el artículo ha sido postulado previamente a otra revista, proporcione esta información en Comentarios al editor.
- Si se presenta cualquier dificultad con el envío, puede reportarla al siguiente correo electrónico: lampsakos@amigo.edu.co

Revisión de pruebas

Si un artículo es aceptado para su publicación, luego de la evaluación por pares, se procede a la normalización y corrección de estilo. A los autores se les remite el documento corregido para que realicen la revisión correspondiente y envíen su aprobación u observaciones, de manera que prosiga con la diagramación. Una vez el artículo se diagrama, se le remite el pdf a los autores con el objetivo que examinen si existe algún error tipográfico. En ningún caso se podrán hacer modificaciones de contenido ni adicionar material.

La contribución debe enviarse únicamente mediante el OJS:
<http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/>
lampsakos@amigo.edu.co

Universidad Católica Luis Amigó

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Transversal 51A N° 67B - 90. Medellín, Antioquia - Colombia

Tel: (574) 448 76 66

www.ucatolicaluisamigo.edu.co