

EDITORIAL

INVESTIGACIÓN

PID controller tuning using bacterial Quorum Sensing (QS)

Sintonización de controlador PID utilizando Quorum Sensing (QS) bacterial

FREDY HERNÁN MARTÍNEZ SARMIENTO, DIEGO MAURICIO ACERO SOTO

INVESTIGACIÓN

Análisis Del Riesgo De La Cobertura De Energía Firme En Colombia A Mediano Plazo

Risk Analysis Of Firm Energy Coverage In Colombia In The Medium Term

RICARDO MORENO CHUQUEN, SERGIO CANTILLO LUNA

INVESTIGACIÓN

Permittivity experimental determination as a frequency function

Determinación experimental de la permitividad como función de la frecuencia.

OSCAR JULIÁN GONZÁLEZ RIAÑO, BRAYAN ANDRÉS VEGA VALENCIA, CÉSAR ALEXANDER CHACÓN-CARDONA

REVISIÓN

Técnicas difusas para la evaluación de impactos ambientales en el transporte de hidrocarburos en Colombia

Fuzzy techniques for environmental impact assessment in hydrocarbons transportation in Colombia

GERMÁN YESID LUQUE DÍAZ, LAURA CRISTINA RAMÍREZ SALINAS MAURICIO ANDRÉS RUIZ OCHOA

ESTUDIO DE CASO

Control y administración de datos en una mina subterránea de oro y plata

Control and administration of data in a gold and silver underground mine

DAVID ALFREDO NARVÁEZ, BEATRIZ LILIAN PÉREZ, ANDREA ALEJANDRA GIUBERGIA, GRACIELA VERÓNICA GIL-COSTA

11 ESTUDIO DE CASO
Análisis de actores en el marco del Proyecto Agrópolis-Santander Magdalena Medio 81

Stakeholder analysis in the framework of the Agrópolis Santander Magdalena Medio Project

JENNY KATHERINE CASTAÑO CASTELLANOS, LUIS EDUARDO BECERRA ARDILA

23 REVISIÓN DE TEMA
Tecnologías no convencionales para la remoción de plomo presente en aguas residuales: una revisión bibliográfica 2010-2019 97

Unconventional technologies for the removal of lead present in wastewater: a 2010-2019 bibliographical review

DORA LUZ GÓMEZ AGUILAR, JAVIER ANDRÉS ESTEBAN MUÑOZ DEISY BARACALDO GUZMÁN

34 REFLEXIÓN
Desarrollo sustentable o desarrollo sostenible, una aclaración al debate 117

Sustainable development: a clarification of the debate

JOSÉ ANDRÉS GÓMEZ ROMEROR, SUSANA GARDUÑO ROMÁN

134 Instrucciones para los autores
Instructions for the authors 142



Tecnura

p-ISSN: 0123-921X
Volumen 24 - Número 64
Enero - Marzo de 2020

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Revista Tecnura • Volumen 24 – Número 64 • Enero - Marzo de 2020
p-ISSN: 0123-921X • e-ISSN: 2248-7638 • Bogotá D.C. Colombia

Tecnura

Tecnología y cultura, afirmando el conocimiento

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica

PID controller tuning using bacterial Quorum Sensing (QS)

Análisis de expansión de una microrred en una zona no interconectada

Técnicas difusas para la evaluación de impactos ambientales en el transporte de hidrocarburos en Colombia

Análisis de actores en el marco del Proyecto Agrópolis Santander Magdalena Medio

Desarrollo sustentable o desarrollo sostenible, una aclaración al debate

Tecnura

Tecnología y cultura, afirmando el conocimiento

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica

Volumen 24 - Número 64
Abril – Junio de 2020

p-ISSN: 0123-921X
e-ISSN: 2248-7638



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA

Revista *TECNURA*
Tecnología y cultura, afirmando el conocimiento
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultada de Tecnología

p-ISSN: 0123-921X - e-ISSN: 2248-7638

EDITOR

Ph.D. Ing. César Augusto García Ubaque
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

Ph.D. Ing. Steven M. LaValle
University of Illinois, Estados Unidos

COMITÉ EDITORIAL

Ph.D. Ing. César Augusto García Ubaque
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

Ph.D. Martín Pedro Gómez
Comisión Nacional de Energía Atómica. Argentina

Ph.D. Ing. César Augusto Hernández Suárez
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

Ph.D. Ing. Edgar Francisco Vargas
Universidad de Los Andes, Colombia

Ph.D. Ing. Ingrid Patricia Páez Parra
Universidad Nacional de Colombia, Colombia

Ph.D. Ing. Johan José Sánchez Mora
Universidad Simón Bolívar, Venezuela

Ph.D. Ing. José Antonio Velásquez Costa
Universidad Ricardo Palma, Perú

Ph.D. Ing. Mario Ricardo Arbulu Saavedra
Universidad de La Sabana, Colombia

Ph.D. Diego Luis González
Consiglio Nazionale delle Ricerche. Italia

Ph.D. Julyan Cartwright
Consejo Superior de Investigaciones Científicas. España

Ph.D. Oreste Piro
Universidad de les Illes Balears. España

COMITÉ CIENTÍFICO

Ph.D. Ing. Alfonso Prieto Guerrero
Universidad Autónoma Metropolitana, México

Ph.D. Ing. Enrique Rodríguez de la Colina
Universidad Autónoma Metropolitana, México

Ph.D. Ing. Fernando Martirena
Universidad Central de Las Villas, Cuba

Ph.D. Ing. Jorge Mario Gómez
Universidad de Los Andes, Colombia

Ph.D. Ing. Juan Antonio Conesa
Universidad de Alicante, España

Ph.D. Ing. Manuel Karim Sapag
Universidad Nacional de San Luis, Argentina

EVALUADORES

PhD. Alexander Meneses Jácome
Universidad Autónoma De Bucaramanga

PhD. Diana Lineth Parga Lozano
Universidad Pedagógica Nacional

PhD. Guillermo Aponte
Universidad del Valle

PhD. Iván Valencia Salazar
Universidad Politécnica de Valencia

PhD. Jorge Aguilar Ávila
Universidad Autónoma Chapingo

PhD. Mario Guadalupe González Pérez
Universidad De Guadalajara

PhD. Ricardo Moreno Chuquen
Universidad de Los Andes

PhD. Virgilio Antonio Miniño Mejía
Instituto Tecnológico De Santo Domingo

MSc. José Antonio Bassán
Universidad Nacional de San Luis

MSc. Mateo Agudelo Varela
Universidad Cooperativa De Colombia

ASISTENTES DE LA REVISTA TECNURA

Lizeth Viviana Urrea Fonseca

COORDINACIÓN EDITORIAL

Fernando Piraquive
Centro de investigaciones y desarrollo tecnológico-CIDC
Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Tecnura

Volumen 24 - Número 64

Abril – Junio de 2020

REVISTA TECNURA

La revista *Tecnura* es una publicación institucional de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de carácter científico-tecnológico, arbitrada mediante un proceso de revisión entre pares de doble ciego. La periodicidad de la conformación de sus comités Científico y Editorial está sujeta a la publicación de artículos en revistas indexadas internacionalmente por parte de sus respectivos miembros.

PERIODICIDAD

Es una publicación de carácter científico-tecnológico con periodicidad trimestral, que se publica los meses de enero, abril, julio y octubre. Su primer número apareció en el segundo semestre del año 1997 y hasta la fecha ha mantenido su regularidad.

COBERTURA TEMÁTICA

Las áreas temáticas de interés de la revista *Tecnura* están enfocadas a todos los campos de la ingeniería, como la electrónica, telecomunicaciones, electricidad, sistemas, industrial, mecánica, catastral, civil, ambiental, entre otras. Sin embargo, no se restringe únicamente a estas, también tienen cabida los temas de educación y salud, siempre y cuando estén relacionados con la ingeniería. La revista publicará únicamente artículos de investigación científica y tecnológica, de reflexión y de revisión.

MISIÓN

La revista *Tecnura* tiene como misión divulgar resultados de proyectos de investigación realizados en el área de la ingeniería, a través de la publicación de artículos originales e inéditos, realizados por académicos y profesionales pertenecientes a instituciones nacionales o extranjeras del orden público o privado.

PÚBLICO OBJETIVO

La revista *Tecnura* está dirigida a docentes, investigadores, estudiantes y profesionales interesados en la actualización permanente de sus conocimientos y el seguimiento de los procesos de investigación científico-tecnológica, en el campo de la ingeniería.

INDEXACIÓN

Tecnura es una publicación de carácter académico indexada en los índices regionales Scielo Colombia (Colombia) y Redalyc (México); además de las siguientes bases bibliográficas: INSPEC del Institution of Engineering and Technology (Inglaterra), Fuente Académica Premier de EBSCO (Estados Unidos), CABI (Inglaterra), IndexCopernicus (Polonia), Informe Académico de Gale Cengage Learning (México), Periódica de la Universidad Nacional Autónoma de México (México), Oceanet (España) y Dialnet de la Universidad de la Rioja (España); también hace parte de los siguientes directorios: Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal Latindex (México); Índice Bibliográfico Actualidad Iberoamericana (Chile), e-Revistas (España), DOAJ (Suecia), Ulrich de Proquest (Estados Unidos).

FORMA DE ADQUISICIÓN

La revista *Tecnura* se puede adquirir a través de compra, canje o suscripción.

SUSCRIPCIÓN

El precio unitario de la revista es de 10000 pesos (el precio no incluye el valor del envío). La suscripción anual tiene un costo de 45000 pesos para Colombia, 40 USD para América Latina y el Caribe, 60 USD para otras regiones (el precio incluye el valor del envío). Para suscribirse utilice el formato ubicado al final de la revista.

REPRODUCCIÓN

Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos de esta revista para uso académico o interno de las instituciones citando la fuente y el autor. Las ideas expresadas se publican bajo la exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento del Comité Editorial de la revista.

DIRECCIÓN POSTAL

Enviar a Ing. Cesar Augusto García Ubaque,
Ph.D. Director y Editor Revista *Tecnura*
Sala de Revistas, Bloque 5, Oficina 305.
Facultad Tecnológica
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Transversal 70B No. 73A-35 sur
Teléfono: 571-3238400, extensión: 5003
Celular: 57-3153614852
Bogotá, D.C., Colombia
Correo electrónico:
tecnura.ud@correo.udistrital.edu.co, tecnura@gmail.com
Tecnura en internet:
<https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura>

DISEÑO ORIGINAL

Julián Hernández–Taller de Diseño

CORRECCIÓN DE ESTILO PARA ESPAÑOL

Fernando Carretero Padilla

CORRECCIÓN DE ESTILO PARA INGLES

Laura Ximena García

DIAGRAMACIÓN Y DISEÑO DE CUBIERTA

Publiart de Colombia
publiartcol@gmail.com



Tecnura
Technology And Culture, Affirming Knowledge
District University Francisco José De Caldas
Faculty Of Technology

p-ISSN: 0123-921X - e-ISSN: 2248-7638

EDITOR

Ph.D. Ing. Cesar Augusto García Ubaque
District Francisco José de Caldas University. Colombia

Ph.D. Ing. Manuel Karim Sapag
Universidad Nacional de San Luis, Argentina

EDITORIAL COMMITTEE

Ph.D. Ing. César Augusto García Ubaque
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

Ph.D. Ing. Steven M. LaValle
University of Illinois, Estados Unidos

Ph.D. Ing. César Augusto Hernández Suárez
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

Ph.D. Martín Pedro Gómez
Comisión Nacional de Energía Atómica. Argentina

Ph.D. Ing. Edgar Francisco Vargas
Universidad de Los Andes, Colombia

EVALUATORS

PhD. Alexander Meneses Jácome
Universidad Autónoma De Bucaramanga

Ph.D. Ing. Ingrid Patricia Páez Parra
Universidad Nacional de Colombia, Colombia

PhD. Diana Lineth Parga Lozano
Universidad Pedagógica Nacional

Ph.D. Ing. Johan José Sánchez Mora
Universidad Simón Bolívar, Venezuela

PhD. Guillermo Aponte
Universidad del Valle

Ph.D. Ing. José Antonio Velásquez Costa
Universidad Ricardo Palma, Perú

PhD. Iván Valencia Salazar
Universidad Politécnica de Valencia

Ph.D. Ing. Mario Ricardo Arbulu Saavedra
Universidad de La Sabana, Colombia

PhD. Jorge Aguilar Ávila
Universidad Autónoma Chapingo

Ph.D. Diego Luis González
Consiglio Nazionale delle Ricerche. Italia

PhD. Mario Guadalupe González Pérez
Universidad De Guadalajara

Ph.D. Julyan Cartwright
Consejo Superior de Investigaciones Científicas. España

PhD. Ricardo Moreno Chuquen
Universidad de Los Andes

Ph.D. Oreste Piro
Universidad de les Illes Balears. España

PhD. Virgilio Antonio Miniño Mejía
Instituto Tecnológico De Santo Domingo

MSc. José Antonio Bassán
Universidad Nacional de San Luis

SCIENTIFIC COMMITTEE

Ph.D. Ing. Alfonso Prieto Guerrero
Universidad Autónoma Metropolitana, México

MSc. Mateo Agudelo Varela
Universidad Cooperativa De Colombia

Ph.D. Ing. Enrique Rodríguez de la Colina
Universidad Autónoma Metropolitana, México

TECNURA JOURNAL ASSISTANTS

Lizeth Viviana Urrea Fonseca

Ph.D. Ing. Fernando Martirena
Universidad Central de Las Villas, Cuba

EDITORIAL COORDINATION

Fernando Piraquive
Centro de investigaciones y desarrollo tecnológico - CIDC
Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Ph.D. Ing. Jorge Mario Gómez
Universidad de Los Andes, Colombia

Ph.D. Ing. Juan Antonio Conesa
Universidad de Alicante, España

Tecnura

Volumen 24 - Número 64

Abril – Junio 2020

TECNURA JOURNAL

Tecnura Journal is an institutional scientific-technological publication from the Faculty of Technology at District University Francisco José de Caldas, arbitrated by means of a double-blinded peer review process. The periodicity for its Scientific and Editorial committees line-up is subject to the publication of articles in internationally indexed magazines by its own members.

PERIODICITY

Tecnura journal is a scientific-technological publication with quarterly periodicity, published in January, April, July and October. Its first edition appeared in the second term, 1997 and its editions have normally continued from that year and on.

THEMATIC COVERAGE

The thematic areas of interest at Tecnura journal are focused on all fields of engineering such as electronical, telecommunications, electrical, computer, industrial, mechanical, cadastral, civil, environmental, etc. However, it is not restricted to those, there is also room for education and health topics as well, as long as they are related to engineering. The journal will only publish scientific and technological research, reflection and review articles.

MISSION

Tecnura journal is aimed at publishing research project results carried out in the field of engineering, through the publishing of original and unpublished articles written by academics and professionals from national or international public or private institutions.

TARGET AUDIENCE

Tecnura journal is directed to professors, researchers, students and professionals interested in permanent update of their knowledge and the monitoring of the scientific-technological research processes in the field of engineering.

INDEXING

Tecnura is an academic publication indexed in the Regional Index Scielo Colombia (Colombia) and Redalyc (México); as well as the following bibliographic databases: INSPEC of the Institution of Engineering and Technology (England), Fuente Académica Premier of EBSCO (United States), CABI (England), Index Copernicus (Poland), Informe Académico of Gale Cengage Learning (México), Periódica of the Universidad Nacional Autónoma de México (México), Oceanet (Spain) and Dialnet of the Universidad de la Rioja (Spain); it is also part of the following directories: Online Regional Information System for Scientific journals from Latin America, Caribbean, Spain and Portugal Latindex (México), bibliographic index Actualidad Iberoamericana (Chile), e-Revistas (Spain), DOAJ (Sweden), Ulrich of Proquest (United States).

FORM OF ACQUISITION

Tecnura journal is available through purchase, exchange or subscription.

SIGN UP

The unit price of the journal is 6 USD (the price does not include shipping). The annual sign up is 28 USD for Colombia; 40 USD in Latin America and the Caribbean; 60 USD in other regions (the price includes shipping). To sign up, use the format located at the end of the journal.

REPRODUCTION

The total or partial reproduction of the articles of this journal is authorized for academic or internal purpose of the institutions citing the source and the author. Ideas expressed are published under exclusive responsibility of the authors and they do not necessarily reflect the thought of the editorial committee of the journal.

POSTAL ADDRESS

Send to Engr. Cesar Augusto García Ubaque, Ph.D. Director and Editor Revista Tecnura
Sala de Revistas, Bloque 5, Oficina 305.
Faculty of Technology
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Transversal 70B No. 73A - 35 sur
Telephone Number: 571 - 3238400, extension: 5003
Cell phone Number: 57 - 3153614852
Bogotá D.C., Colombia
E-mail:
tecnura.ud@correo.udistrital.edu.co, tecnura@gmail.com
Tecnura on internet: <https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura>

ORIGINAL DESIGN

Julián Hernández - Taller de Diseño
director@julianhernandez.co

STYLE CORRECTION IN SPANISH

Fernando Carretero Padilla

STYLE CORRECTION IN ENGLISH

Laura Ximena García

LAYOUT AND TITLE PAGE DESIGN

Julián Hernández - Taller de Diseño

DECLARACIÓN DE ÉTICA Y BUENAS PRÁCTICAS

El comité editorial de la revista *Tecnura* está comprometido con altos estándares de ética y buenas prácticas en la difusión y transferencia del conocimiento, para garantizar el rigor y la calidad científica. Es por ello que ha adoptado como referencia el Código de Conducta que, para editores de revistas científicas, ha establecido el Comité de Ética de Publicaciones (COPE: Committee on Publication Ethics) dentro de los cuales se destaca:

Obligaciones y responsabilidades generales del equipo editorial

En su calidad de máximos responsables de la revista, el comité y el equipo editorial de *Tecnura* se comprometen a:

- Aunar esfuerzos para satisfacer las necesidades de los lectores y autores.
- Propender por el mejoramiento continuo de la revista.
- Asegurar la calidad del material que se publica.
- Velar por la libertad de expresión.
- Mantener la integridad académica de su contenido.
- Impedir que intereses comerciales comprometan los criterios intelectuales.
- Publicar correcciones, aclaraciones, retractaciones y disculpas cuando sea necesario.

Relaciones con los lectores

Los lectores estarán informados acerca de quién ha financiado la investigación y sobre su papel en la investigación.

Relaciones con los autores

Tecnura se compromete a asegurar la calidad del material que publica, informando sobre los objetivos y normas de la revista. Las decisiones de los editores para aceptar o rechazar un documento para su publicación se basan únicamente en la relevancia del trabajo, su originalidad y la pertinencia del estudio con relación a la línea editorial de la revista. La revista incluye una descripción de los procesos seguidos en la evaluación por pares de cada trabajo recibido. Cuenta con una guía de autores en la que se presenta esta información. Dicha guía se actualiza regularmente y contiene un vínculo a la presente declaración ética. Se reconoce el derecho de los autores a apelar las decisiones editoriales. Los editores no modificarán su decisión en la aceptación de envíos, a menos que se detecten irregularidades o situaciones extraordinarias. Cualquier cambio en los miembros del equipo editorial no afectará las decisiones ya tomadas, salvo casos excepcionales en los que confluían graves circunstancias.

Relaciones con los evaluadores

Tecnura pone a disposición de los evaluadores una guía acerca de lo que se espera de ellos. La identidad de los evaluadores se encuentra en todo momento protegida, garantizando su anonimato.

Proceso de evaluación por pares

Tecnura garantiza que el material remitido para su publicación será considerado como materia reservada y confidencial mientras que se evalúa (doble ciego).

Reclamaciones

Tecnura se compromete responder con rapidez a las quejas recibidas y a velar para que los demandantes insatisfechos puedan tramitar todas sus quejas. En cualquier

caso, si los interesados no consiguen satisfacer sus reclamaciones, se considera que están en su derecho de elevar sus protestas a otras instancias.

Fomento de la integridad académica

Tecnura asegura que el material que publica se ajusta a las normas éticas internacionalmente aceptadas.

Protección de datos individuales

Tecnura garantiza la confidencialidad de la información individual (por ejemplo, de los profesores y/o alumnos participantes como colaboradores o sujetos de estudio en las investigaciones presentadas).

Seguimiento de malas prácticas

Tecnura asume su obligación para actuar en consecuencia en caso de sospecha de malas prácticas o conductas inadecuadas. Esta obligación se extiende tanto a los documentos publicados como a los no publicados. Los editores no sólo rechazarán los manuscritos que planteen dudas sobre una posible mala conducta, sino que se considerarán éticamente obligados a denunciar los supuestos casos de mala conducta. Desde la revista se realizarán todos los esfuerzos razonables para asegurar que los trabajos sometidos a evaluación sean rigurosos y éticamente adecuados.

Integridad y rigor académico

Cada vez que se tenga constancia de que algún trabajo publicado contiene inexactitudes importantes, declaraciones engañosas o distorsionadas, debe ser corregido de forma inmediata.

En caso de detectarse algún trabajo cuyo contenido sea fraudulento, será retirado tan pronto como se conozca, informando inmediatamente tanto a los lectores como a los sistemas de indexación.

Se consideran prácticas inadmisibles, y como tal se denunciarán las siguientes: el envío simultáneo de un mismo trabajo a varias revistas, la publicación duplicada o con cambios irrelevantes o parafraseo del mismo trabajo, o la fragmentación artificial de un trabajo en varios artículos.

Relaciones con los propietarios y editores de revistas

La relación entre editores, editoriales y propietarios estará sujeta al principio de independencia editorial. *Tecnura* garantizará siempre que los artículos se publiquen con base en su calidad e idoneidad para los lectores, y no con vistas a un beneficio económico o político. En este sentido, el hecho de que la revista no se rija por intereses económicos, y defienda el ideal de libre acceso al conocimiento universal y gratuito, facilita dicha independencia.

Conflicto de intereses

Tecnura establecerá los mecanismos necesarios para evitar o resolver los posibles conflictos de intereses entre autores, evaluadores y/o el propio equipo editorial.

Quejas/denuncias

Cualquier autor, lector, evaluador o editor puede remitir sus quejas a los organismos competentes.

CODE OF ETHICS AND GOOD PRACTICE

The editorial board of *Tecnura* journal is committed to ethics high standards and good practice for knowledge dissemination and transfer, in order to ensure rigour and scientific quality. That is why it has taken as reference the Code of Conduct, which has been established by the Committee on Publication Ethics (COPE) for scientific journal editors; outlining the following:

General duties and responsibilities of the editorial board

As most responsible for the journal, *Tecnura* committee and the editorial board are committed to:

- Joining efforts to meet the readers and authors' needs.
- Tending to the continuous improvement of the Journal.
- Ensuring quality of published material.
- Ensuring freedom of expression.
- Maintaining the academic integrity of their content.
- Prevent commercial interests compromise intellectual standards.
- Post corrections, clarifications, retractions and apologies when necessary.
- Relations with readers
- Readers will be informed about who has funded research and their role in the research.

Relations with authors

Tecnura is committed to ensuring the quality of published material, informing the goals and standards of the journal. The decisions of publishers to accept or reject a paper for publication are based solely on the relevance of the work, originality and pertinence of the study with journal editorial line.

The journal includes a description of the process for peer evaluation of each received work, and has an authors guide with this information. The guide is regularly updated and contains a link to this code of ethics. The journal recognizes the right of authors to appeal editorial decisions. Publishers will not change their decision in accepting or rejecting articles, unless extraordinary circumstances or irregularities are detected. Any change in the editorial board members will not affect decisions already made, except for unusual cases where serious circumstances converge.

Relations with evaluators

Tecnura makes available to reviewers a guide to what is expected from them. Reviewers' identity is protected at all times, ensuring anonymity.

Peer review process

Tecnura ensures that material submitted for publication will be considered private and confidential issue while being reviewed (double blind).

Claims

Tecnura is committed to respond quickly to complaints and ensure that dissatisfied claimant can process all complaints. In any case, if applicants fail to satisfy their claims,

the journal considers that they have the right to raise their protests to other instances.

Promoting Academic Integrity

Tecnura ensures that the published material conforms to internationally accepted ethical standards.

Protection of individual data

Tecnura guarantees the confidentiality of individual information (e.g. participant teachers and/or students as collaborators or subjects of study in the presented research).

Tracking malpractice

Tecnura accepts the obligation to act accordingly in case of suspected malpractice or misconduct. This obligation extends both to published and unpublished documents. The editors not only reject manuscripts with doubts about possible misconduct, but they are considered ethically obligated to report suspected cases of misconduct. From the journal every reasonable effort is made to ensure that works submitted for evaluation are rigorous and ethically appropriate.

Integrity and academic rigour

Whenever evidence that a published work contains significant misstatements, misleading or distorted statements, it must be corrected immediately.

In case of any work with fraudulent content is detected, it will be removed as soon as it is known, and immediately informing both readers and indexing systems.

Practices that are considered unacceptable and as such will be reported: simultaneous sending of the same work to various journals, duplicate publication with irrelevant changes or paraphrase of the same work, or the artificial fragmentation of a work in several articles.

Relations with owners and journal editors

The relation between editors, publishers and owners will be subject to the principle of editorial independence.

Tecnura will ensure that articles are published based on their quality and suitability for readers, and not for an economic or political gain. In this sense, the fact that the journal is not governed by economic interests, and defends the ideal of universal and free access to knowledge, provides that independence.

Conflict of interest

Tecnura will establish the necessary mechanisms to avoid or resolve potential conflicts of interest between authors, reviewers and/or the editorial board itself.

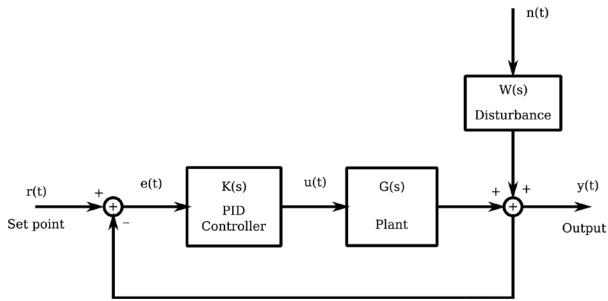
Complaints / allegations

Any author, reader, reviewer or editor may refer their complaints to the competent authorities.

Contenido

EDITORIAL

INVESTIGACIÓN

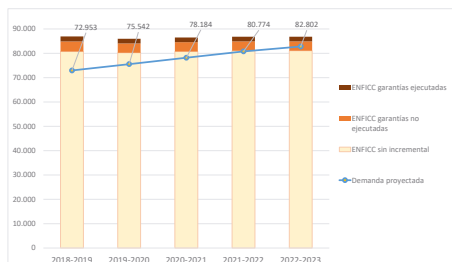


PID controller tuning using bacterial Quorum Sensing (QS)

Sintonización de controlador PID utilizando Quorum Sensing (QS) bacterial

FREDY HERNÁN MARTÍNEZ SARMIENTO, DIEGO MAURICIO ACERO SOTO

INVESTIGACIÓN

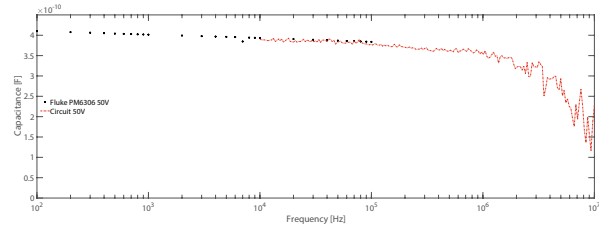


Análisis Del Riesgo De La Cobertura De Energía Firme En Colombia A Mediano Plazo

Risk Analysis Of Firm Energy Coverage In Colombia In The Medium Term

RICARDO MORENO CHUQUEN, SERGIO CANTILLO LUNA

INVESTIGACIÓN



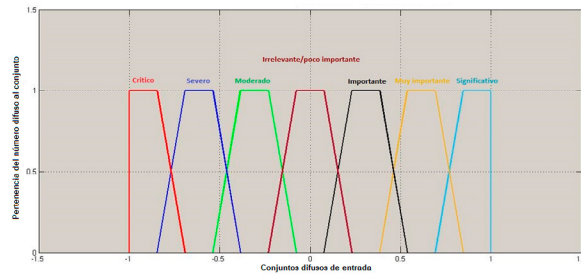
Permittivity experimental determination as a frequency function

34

Determinación experimental de la permitividad como función de la frecuencia

OSCAR JULIÁN GONZÁLEZ RIAÑO, BRAYAN ANDRÉS VEGA VALENCIA, CÉSAR ALEXANDER CHACÓN-CARDONA

INVESTIGACIÓN



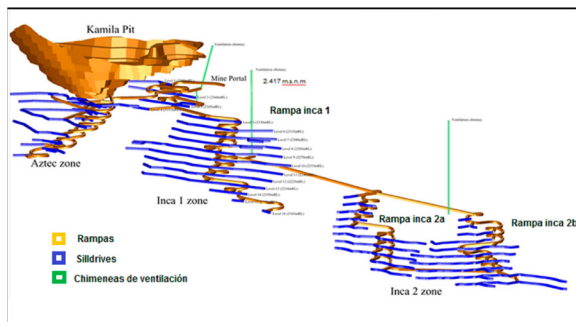
Técnicas difusas para la evaluación de impactos ambientales en el transporte de hidrocarburos en Colombia

48

Fuzzy techniques for environmental impact assessment in hydrocarbons transportation in Colombia

GERMÁN YESID LUQUE DÍAZ, LAURA CRISTINA RAMÍREZ SALINAS, MAURICIO ANDRÉS RUÍZ OCHOA

ESTUDIO DE CASO



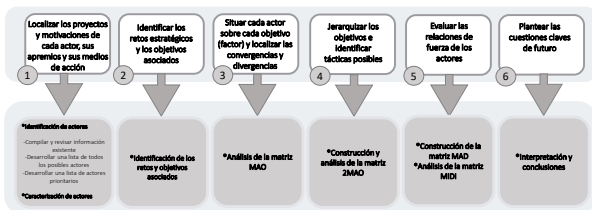
Control y administración de datos en una mina subterránea de oro y plata

66

Control and administration of data in a gold and silver underground mine

DAVID ALFREDO NARVÁEZ, BEATRIZ LILIAN PÉREZ,
ANDREA ALEJANDRA GIUBERGIA, GRACIELA
VERÓNICA GIL-COSTA

ESTUDIO DE CASO



Análisis de actores en el marco del Proyecto Agrópolis Santander Magdalena Medio

81

Stakeholder analysis in the framework of the Agrópolis Santander Magdalena Medio Project

JENNY KATHERINE CASTAÑO CASTELLANOS, LUIS
EDUARDO BECERRA ARDILA

REVISIÓN DE TEMA

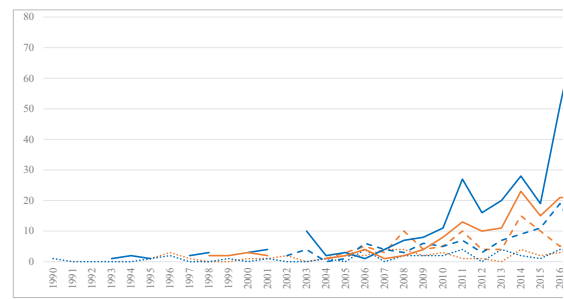
Tecnologías no convencionales para la remoción de plomo presente en aguas residuales: una revisión bibliográfica 2010-2019

97

Unconventional technologies for the removal of lead present in wastewater: a 2010-2019 bibliographical review

DORA LUZ GÓMEZ AGUILAR, JAVIER ANDRÉS ESTEBAN
MUÑOZ, DEISY BARACALDO GUZMÁN

REFLEXIÓN



Desarrollo sustentable o desarrollo sostenible, una aclaración al debate

117

Sustainable development: a clarification of the debate

JOSÉ ANDRÉS GÓMEZ ROMEROR, SUSANA
GARDUÑO ROMÁN

EDITORIAL

En la actualidad existe una tendencia creciente hacia el consumo de diferentes aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) como celulares, televisores, y computadores, entre otros. Las condiciones del comercio y la facilidad de acceder a todos aquellos elementos que representan innovación tecnológica facilitan su renovación, provocando ciclos de vida cortos y un aumento en la generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Estos residuos RAEE son considerados como un residuo peligroso (Golinska & Kawa, 2011).

Un estudio de la asociación de empresas de la industria móvil GSMA y la Universidad de las Naciones Unidas advirtió que la cantidad de RAEE está creciendo en el mundo. En 2014, los RAEE superaron las 41.000 kilotoneladas (kt) y presentaron una tendencia de incremento anual del 5%. América Latina genera alrededor de 4.000 kt de RAEE que representan el 9% del total mundial. Colombia después de Brasil, México y Argentina es uno de los generadores de RAEE más significativos en América Latina, llegando a 2018 con un generación de 341 kt (Magalini, Kuehr, & Baldé, 2015). Sin embargo, el crecimiento de la generación de RAEE por sí solo no constituye una dificultad. El problema se materializa ante la ausencia de un sistema de gestión que permita realizar el tratamiento y valorización de los residuos, o como última medida, llevar a cabo una eliminación adecuada de los mismos.

En Colombia, la problemática en torno a los RAEE está siendo parcialmente abordada. Algunos programas pos-consumo están definidos (pilas usadas, medicamentos vencidos, computadoras e impresoras en desuso, baterías usadas, bombillas usadas, llantas usadas y envases domésticos) y otros programas se encuentran en construcción. (Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales, 2013). El diseño de un sistema de gestión de RAEE es importante para atender el crecimiento paulatino de generación de este tipo de residuos, y para materializar las intenciones políticas a nivel regulatorio y legal en el marco de la economía circular. Además, el diseño de un sistema de gestión de RAEE es relevante a partir de las grandes implicaciones generadas desde un enfoque

que ambiental, económico, e incluso desde una perspectiva académica-científica.

La acumulación de RAEE representa un peligro para el medio ambiente; sin embargo, son funcionales gracias a una mezcla de componentes químicos como plomo, cobre, mercurio, níquel, y metales preciosos como oro, plata y paladio. Cuando un AEE ya no funciona, es dispuesto como basura o es entregado a quienes no pueden asumir procesos adecuados de disposición final. Por lo anterior, existe el riesgo de que todos estos materiales peligrosos y tóxicos sean liberados al ambiente (Romero, 2014). Al respecto, investigaciones de la Universidad de Queensland concluyeron que el contacto directo con materiales nocivos como el plomo o el cadmio contenidos en los RAEE, podrían ocasionar enfermedades relacionadas al cáncer y afectar a mujeres en estado de embarazo (Varela Penedo, 2016).

Desde una perspectiva económica, los RAEE son una fuente de recursos renovable (Fleischmann et al., 1997). De acuerdo con estudios de EMPA, las 45.000 toneladas de computadores acumuladas en Colombia a 2007 contenían alrededor de 3.000 toneladas de cobre, lo que equivale a un valor aproximado de 25 millones de USD, según precios del cobre a inicios de 2008 (Romero, 2014). Otro caso que ejemplifica el impacto económico de recuperación de RAEE, es la extracción de oro. Mientras que una tonelada de mineral proveniente de una mina de oro tiene en promedio sólo 5 gramos de oro, una tonelada de aparatos móviles descartados genera aproximadamente 150 gramos (Preston, 2012). Finalmente, la perspectiva académica-científica denota una problemática relevante que cobra cada vez mayor interés investigativo a nivel mundial (Achillas et al., 2014; Agrawal, Singh, & Murtaza, 2015). La complejidad del tema y el impacto en términos prácticos sugieren la creación de nuevas metodologías que representen mejor los sistemas de gestión reales (Mashhadi, Behdad, & Zhuang, 2016).

CÉSAR AUGUSTO GARCÍA-UBAQUE
Director

EDITORIAL

There is a growing trend towards the consumption of different electrical and electronic equipment (EEE), such as cell phones, televisions, and computers, among others. The conditions of trade and the ease of access to all these elements that represent technological innovation facilitate its renewal but cause short life cycles and increase the generation of waste from electrical and electronic equipment (WEEE). These WEEE waste is considered hazardous (Golinska & Kawa, 2011).

A study by the association of mobile industry companies GSMA and the United Nations University warned that the amount of WEEE is growing worldwide. In 2014, WEEE exceeded 41,000 kilotons (KT) and presented an annual increase of 5%. For its part, Latin America generates around 4,000 KT of WEEE (9% of the world total); and Colombia, after Brazil, Mexico, and Argentina, is one of the most significant WEEE generators in Latin America, reaching a generation of 341 KT by 2018 (Magalini, Kuehr, & Baldé, 2015). However, the growth of WEEE generation alone is not a difficulty. The problem lies in the absence of a management system that allows the treatment and recovery of waste to be carried out, or the proper disposal of waste (although the latter would be the last measure).

In Colombia, the issue of WEEE is being partially addressed. There are post-consumer programs that are already defined (e.g. used batteries, expired medications, disused computers and printers, used batteries, used light bulbs, used tires, and household packaging), while other programs are under construction (National Production Center Cleaner and Environmental Technologies, 2013). The design of a WEEE management system is important to meet the gradual growth of waste generation, and to materialize the political intentions, in terms of regulations, within the framework of the circular economy. In addition, the design of a WEEE management system is relevant from the great implications generated from an environmental, economic, and even an academic-scientific perspective.

The accumulation of WEEE represents a danger for the environment; electronic devices are functional because of to a mixture of chemical components such as lead, copper, mercury, nickel, and precious metals such as gold, silver, and palladium. When an EEE no longer functions, it is disposed of as garbage or it is delivered to those who cannot assume adequate final disposal processes. Therefore, there is a risk that all these dangerous and toxic materials will be released into the environment (Romero, 2014). In this regard, research from the University of Queensland concluded that direct contact with harmful materials such as lead or cadmium, contained in WEEE, could cause cancer-related diseases and affect pregnant women (Varela Penedo, 2016).

From an economic perspective, WEEE is a renewable source of resources (Fleischmann et al., 1997). According to EMPA studies, the 45,000 tons of computers accumulated in Colombia in 2007 contained around 3,000 tons of copper, which is equivalent to an approximate value of 25 million dollars, according to copper prices in early 2008 (Romero, 2014). Another case that exemplifies the economic impact of WEEE recovery is gold mining: while a ton of ore from a gold mine averages only 5 grams of gold, a ton of discarded mobile devices generates approximately 150 grams (Preston, 2012). Finally, the academic-scientific perspective denotes a relevant problem that is gaining increasing research interest worldwide (Achillas et al., 2014; Agrawal, Singh, & Murtaza, 2015). The complexity of the subject and the impact in practical terms suggest the creation of new methodologies that better represent real management systems (Mashhadi, Behdad, & Zhuang, 2016).

CÉSAR AUGUSTO GARCÍA-UBAQUE

Director



PID controller tuning using bacterial Quorum Sensing (QS)

Sintonización de controlador PID utilizando Quorum Sensing (QS) bacterial

Fredy Hernán Martínez Sarmiento¹ , Diego Mauricio Acero Soto² 

Fecha de recepción: 20 Septiembre 2019

Fecha de aceptación: 05 de Febrero de 2020

Cómo citar: Martínez-Sarmiento., F.H., y Acero-Soto., D.M. (2020). PID controller tuning using bacterial Quorum Sensing (QS). *Tecnura*, 24(64) 13-22. <https://doi.org/10.14483/22487638.16530>

RESUMEN

Contexto: Los controladores PID son ampliamente utilizados para operar motores AC debido a su simplicidad y fácil implementación. Sin embargo, la sintonización de sus parámetros en busca de un esquema óptimo puede ser compleja debido a que requiere sintonización manual mediante prueba y error. El objetivo de esta investigación es implementar un esquema de ajuste optimizado mediante una búsqueda basada en el comportamiento idealizado de una comunidad de bacterias y su detección de quórum (Quorum Sensing, QS).

Metodología: Se plantea el modelo del sistema en lazo cerrado con control PID considerando las perturbaciones con el objetivo de sintonizar un controlador resistente a ellas. La respuesta del modelo se calcula mediante una búsqueda

que imita un modelo simplificado de comportamiento bacterial. El esquema utiliza el ITSE (Integral Time Squared Error) como índice de desempeño.

Resultados: La sintonización mediante el esquema propuesto fue evaluada mediante simulación y comparada con sintonizaciones del mismo modelo realizadas mediante Root Locus y Algoritmos Genéticos (GA). Los resultados mostraron una respuesta satisfactoria frente a los criterios de diseño.

Conclusiones: Los controladores PID siguen siendo hoy en día herramientas básicas de control industrial, particularmente importantes en el manejo de motores. El desempeño de estos controles depende fundamentalmente del diseño de su ganancia. En el caso de plantas complejas se requiere de herramientas

¹ Ph.D en Ingeniería Sistemas y Computación, Especialista en Gestión de Proyectos de Ingeniería, Ingeniero Electricista. Profesor en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C., Colombia. Contacto: fhmartinezs@udistrital.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7258-3909>

² Ingeniero Electrónico. Profesor en la Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá D.C., Colombia. Contacto: dacero@pedagogica.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9384-3140>

adicionales que faciliten la sintonización del PID. Nosotros proponemos un esquema de sintonización inteligente y bio-inspirado que demuestra un alto desempeño en pruebas de laboratorio.

Financiamiento: Universidad Distrital Francisco José de Caldas a través del proyecto 1-72-578-18.

Palabras clave: bio-inspirado; control; lazo cerrado; PID; Quorum Sensing; sintonización.

ABSTRACT

Objective: PID controllers are widely used to operate AC motors due to their simplicity and easy implementation. However, adjusting its parameters in search of an optimal scheme can be complex because it requires manual tuning by trial and error. This research aims to implement an optimized tuning scheme through a search based on the idealized behavior of a community of bacteria and its Quorum Sensing (QS).

Methodology: A closed-loop system model with PID control considering disturbances is proposed in order to tune a disturbance-resistant controller. The response of the model is calculated using

a search that mimics a simplified model of bacterial behavior. The scheme uses ITSE (Integral Time Squared Error) as the performance index.

Results: The tuning resulting from the proposed scheme was evaluated by simulation and compared with tunings of the same model made by Root Locus and Genetic Algorithms (GA). The results showed a satisfactory response according to the design criteria.

Conclusions: Nowadays, PID controllers are still basic industrial control tools, particularly important in motor operation. The performance of these controls depends fundamentally on the design of their gain. In the case of complex plants, additional tools are required to facilitate PID tuning. We propose an intelligent and bio-inspired tuning scheme that demonstrates high performance in laboratory tests.

Financing: University Francisco José de Caldas through the project 1-72-578-18.

Keywords: bio-inspired; closed loop; control; PID; Quorum Sensing; tuning.

INTRODUCTION

Control theory has come a long way in schemes such as a Model Predictive Control (MPC), Internal Model Control (IMC), and Sliding Mode Control (SMC). Many of the specialized control design works use any of these schemes, or combinations of them (Chen, Zeng, and Xie, 2018; Wang, Mihalec, Gong, Pompili, and Yi, 2018). Still, in many everyday industrial applications, it is normal to find PID (Proportional, Integral, Derivative) control schemes (Armin, Roy, Sarkar, and Das, 2018; Wang, Wang, Yun, and Wang, 2018). This is because these con-

trollers have a very straightforward and intuitive structure, besides working well for systems with second-order behavior, with a relatively simple principle of adjustment (Arbulú, Martínez and Montiel, 2015).

While their structure replicates second-order linear compensation, PID controllers are also used in higher-order, non-linear, industrial systems (Jayaraman, Vijayakumar, Nandagopal, and Rameshkumar, 2018; Patil, Waghmare, and Uplane, 2019). With good tuning, these schemes can provide robust and stable behavior, and these are systems that can be implemented both analogically and digitally (Sanghavi, Tejaswini, and Venkateshappa, 2019). They

can even be tuned on-line without stopping the process if the control criteria over the plant changes. Tuning corresponds to a search problem matching a performance function. Conventional tuning strategies are based on the frequency response of the plant, but they are rarely used in real applications. For example, this is the case of the Ziegler-Nichols method, whose tuning rule can produce an oscillating response system if the plant is non-linear (Tasoren, Orenbas, and Sahin, 2018).

Many strategies for tuning PID controller parameters for open-loop systems have been documented (Vanavil, Krishna, and Seshagiri, 2015). Several strategies are based on direct synthesis (DS), taking advantage of the knowledge of the plant model and its desired behavior (Chanti, Santosh, and Padma, 2017; Ravi and Padma, 2018). In general, these strategies raise the characteristic equation of the process, including the PID control block, and compare it to the desired characteristic equation in the closed-loop. Then, it is possible to mathematically define the parameters of the PID block.

Therefore, since tuning is a search problem, many tuning strategies based on uninformed search algorithms such as Genetic Algorithms (GA) (Febina, Sunil, and Jacob, 2018), Particle Swarm Optimization (PSO) (Ramirez, López, and noz, 2018), and Ant Colony Optimization (ACO) (Jagatheesan, Anand, Dey, and Ashour, 2018) have also been proposed. Other randomized search strategies inspired by collective behaviors observed in nature have also been considered (Ali, Afandi, Parwati, Hidayat, and Hasyim, 2019; Ataslar-Ayyıldız and Karahan, 2018). These strategies are based on evaluating the performance of possible solutions to the problem (e.g. a set of parameters that can be PID gain values) and

several values according to the behavior of some performance function (Abhishek, 2015). This being applied to a set of solutions uniformly distributed in the search space guarantees to find a pseudo-optimal solution faster than the traditional gradient-based algorithm.

The search problem becomes more complex when the plant has a changing dynamic; for example, when there are disturbances in the system (Habibi, Rahimi, and Howard, 2018; Hettrick and Todd, 2019). In these cases, the tuning strategies include automatic tuning schemes, adaptive PIDs, and intelligent systems. In such cases the tuning is dynamic, and they consider some kind of information about the changes in the process as part of the adjustment.

This research proposes an intelligent tuning strategy of a PID controller for a system with disturbances based on the idealized behavior of bacteria, including their QS to reduce the convergence time (Martínez, Rendón, and Arbulú, 2018; Jacinto, Giral, and Martínez, 2016). The strategy is implemented and evaluated by simulation.

The article is organized as follows. Section 2 formulates the problem and presents some preliminary concepts, the functional profile, and other design considerations. Section 3 details the design of the system, including the selection criteria and the final specifications that were adopted. Section 4 presents the performance evaluation observed through simulation, and Section 5 concludes the article.

PROBLEM STATEMENT

The model of the system under study with the proposed control scheme is shown in [Figure 1](#).

In [Figure 1](#) $K(s)$ is the transfer function of the PID controller, $G(s)$ is the transfer function of the plant, $r(t)$ is the reference signal for controlling the plant, $e(t)$ is the system error, $u(t)$ is the controlled input, $n(t)$ is the disturbance, $W(s)$ is the disturbance dynamics, and $y(t)$ is

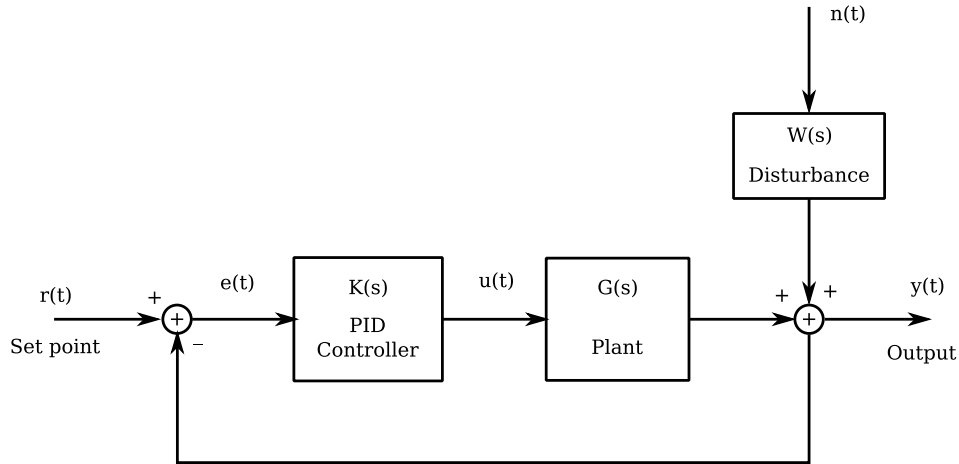


Figure 1.Control system with PID Controller and disturbance

Fuente: Own production

the output signal. According to [Figure 1 \(Equation 1\)](#):

$$K(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = k_p \left[1 + \frac{1}{sT_i} + sT_d \right] \quad (1)$$

Where the new constants correspond to the tuning of the PID controller. These can be rewritten vectorially as ([Equation 2](#)):

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{bmatrix} \quad / c_1 = k_p, c_2 = T_i, \text{ and } c_3 = T_d \quad (2)$$

Also, from [Figure 1 \(Equation 3\)](#):

$$Y(s) = \left[\frac{G(s)K(s)}{1 + G(s)K(s)} \right] R(s) + W(s)N(s) \quad (3)$$

The tuning process consists of finding the vector \mathbf{C} so that the performance function (a function that evaluates the steady-state error) is minimal. As a search scheme, we propose a simplified bac-

terial interaction model that includes QS. Our model of bacterial interaction is based on the cell-to-cell communication. We have technically called this process local communication between artificial agents that emulate biological bacteria. Biological bacteria read local information from the identification of chemical elements in the environment and their concentration densities ([Martínez, Hernández, and Acero, 2017](#)). The QS follows the principles of this local communication scheme, with the particular characteristic that it allows coordinating the collective behavior of the bacterial population from certain specific readings. For instance, one of these readings can determine that the bacterial population is high and can activate a collective attack mechanism on the host environment ([Figure 2](#)). Bacteria deposit chemical information in the environment, and when the concentration is elevated they decode an attack action

written in their genetic code. It is possible to imitate this behavior in artificial agents, making bacteria move to steady-state zones (possible solutions to the problem) that they find attractive (as if they were looking for

food) guided by the performance function of the problem. When the number of agents in a state-space zone exceeds a quorum threshold T , the QS is activated making this zone more attractive. The point in the state space

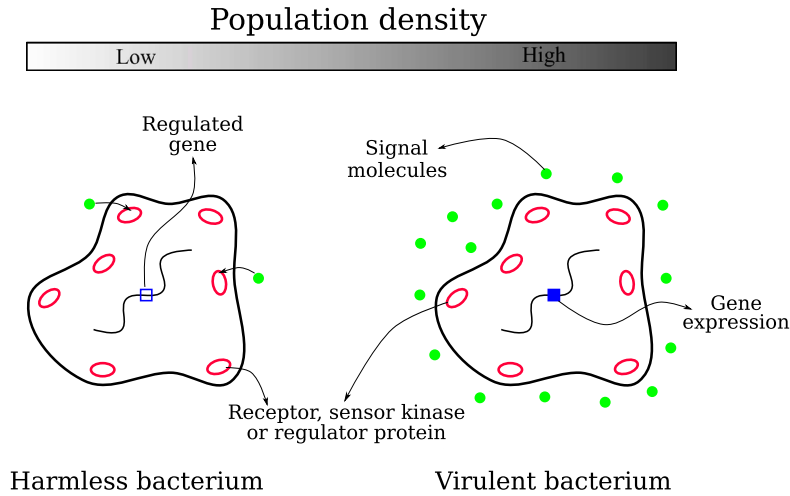


Figure 2. Bacterial QS.

Fuente: Own production

where the greatest number of individuals are grouped corresponds to the optimal solution of the problem.

METHODOLOGY

The design restriction for the model in Figure 1 is (Equation 4):

$$\max_{n(t)} \frac{\|Y\|}{\|n\|} = \left\| \frac{W(s)}{1 + K(s)G(s)} \right\|_{\infty} < \delta \quad (4)$$

Where $\|\cdot\|_{\infty}$ is the H_{∞} -norm and $\delta < 1$ is a constant that defines the desired rejection rate. Since (Equation 5):

$$\|G(s)\|_{\infty} = \max_{\omega \in [0, \infty)} |G(j\omega)| \quad (5)$$

Then the restriction for resistance to disturbance is given by (Equation 6):

$$\left\| \frac{W(s)}{1 + K(s)G(s)} \right\|_{\infty} = \max_{\omega \in [0, \infty)} \sqrt{\frac{W(j\omega)W(-j\omega)}{1 + K(j\omega)G(j\omega)K(-j\omega)G(-j\omega)}} = \max_{\omega \in [0, \infty)} \sqrt{\sigma(\omega)} < \delta \quad (6)$$

As the performance function we select the Integral Time Squared Error (ITSE) (Equation 7):

$$ITSE = \int_0^{\infty} t e^2(t) dt \quad (7)$$

This error function was selected because it includes time in its structure, which increases the effect on long-lasting errors, thus ensuring a small settling time. The structure of $e(t)$ implicitly contains the parameters of both the controller and the plant; therefore, the performance function must be minimized by tuning vector C . The proposed search algorithm based on bacterial behavior has the structure shown in Figure 3. A population of n bacteria is randomly

established in the state space of possible values of vector C , whose spatial position is defined by three coordinates. For example, for bacteria i we have $V_i(c_{1i}, c_{2i}, c_{3i})$. Each bacterium evaluates the performance of its current position through the performance function and the signal deposited in the medium by other bacteria and places a signal in the environment according to the result. Consistent with the performance value, the bacterium makes the decision to either continue exploring the environment or maintaining its position.

Depending on the signal concentration in the local environment, a bacterium evaluates the number of neighboring bacteria in the same position (within a radius of neighborhood), and if the concentration exceeds the threshold of quorum T , the QS is activated. When the QS is activated, the bacteria place

a second signal in the environment that increases the performance value of its position, attracting other bacteria more quickly. The coordinates of the meeting point of the bacteria correspond to the value of vector C .

In the Explorer behavior, the agent moves in the state space to find other areas of interest. In general, Virulent behavior is only activated by population density, which only happens if the area is attractive for many bacteria. The movement involves changing the value of the constants of the PID controller (tuning) and is done by trying to minimize the error (increasing the performance value). The region with the highest concentration of bacteria will be the optimal solution.

```

1  Create n artificial agents
2  Define quorum threshold T
3  for i=1:1:n
4      Deposit signal 1
5      Read local signals near bacterium  $V_i(c_{1i}, c_{2i}, c_{3i})$ 
6      Evaluate performance of bacterium  $V_i(c_{1i}, c_{2i}, c_{3i})$ 
7      if performance of bacterium  $V_i(c_{1i}, c_{2i}, c_{3i}) < Ref$ 
8          Activate Explorer behavior
9          if signal 1 level > T
10             Activate Virulent behavior
11             Deposit signal 2
12         else
13             Activate Explorer behavior
14         END
15     else
16         Activate Hold behavior
17     END
18 END
19 END

```

Figure 3. Pseudo code of bacterial algorithm for optimization of the PID controller.

Fuente: Own production

RESULTS

We used the second-order linear shape shown in Eq. 8 as a model of the plant:

$$G(s) = \frac{0.8}{0.5s^2 + s} \quad (8)$$

We tested different types of disturbances with $W(s) = \frac{1}{s+1}$. For example, for a sinusoidal perturbation the bacterial scheme with QS determined the following values:

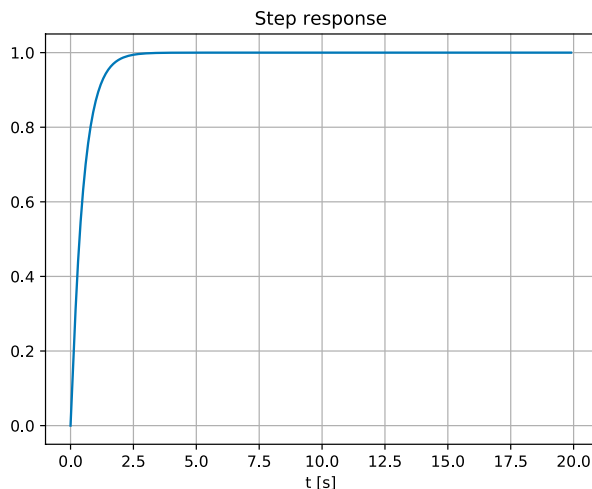
- $k_p = 28.541$
- $T_i = 0.262$
- $T_d = 28.898$
- $ITSE = 0.778 \times 10^{-3}$

Figure 4. shows the behavior of this design. Image 4(a) shows the step response of the system without applying disturbances, while

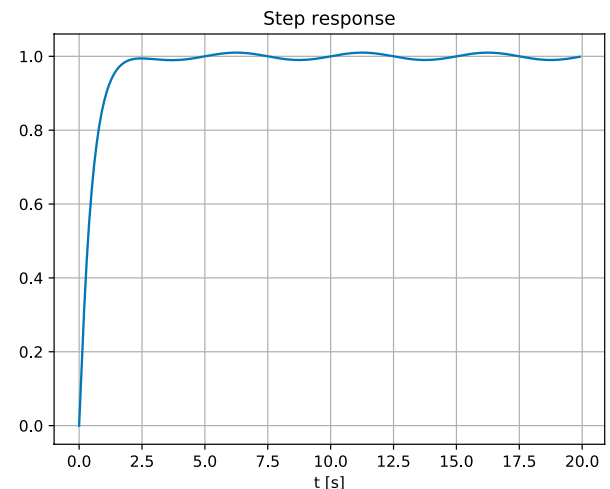
Image 4(b) shows the same behavior with disturbance applied. In both cases, there is a short rise time and scanty steady-state error. Image 4(b) also shows how the control responds positively to the disturbance.

CONCLUSIONS

In this paper, we propose a PID controller tuning scheme for plants with disturbances using a parameter-search method based on bacterial interaction with QS. The scheme poses the constraints of PID control design and a performance function based on ITSE. Through basic rules of interaction on a community of agents designed on the state space of the solution, we make interact the bacteria until they gather at the points of greater performance. QS is activated at these points, which accelerates the convergence of the algorithm. The intelligent tuning scheme converged quickly at a very low computational cost. In addition, the tuning parameters found proved to satisfy the design conditions.



(a)



(b)

Figure 4. Step response of the PID controller tuned with the bacterial scheme. (a) No disturbance. (b) With sinusoidal perturbations.

Fuente: Own production

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the University Francisco José de Caldas through the project 1-72-578-18. The views expressed in this paper are not necessarily endorsed by the University.

The authors thank the research group ARMOS for the evaluation carried out on prototypes of ideas and strategies.

REFERENCES

- Abhishek, V. (2015). Stability analysis and design of algorithmic tuned PID controller for bio-reactor. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 4(1), 28-35. <https://doi.org/10.15623/ijret.2015.0404006>
- Ali, M., Afandi, A., Parwati, A., Hidayat, R., and Hasyim, C. (2019). Design of water level control systems using PID and ANFIS based on firefly algorithm. *Journal of Electrical Engineering, Mechatronic and Computer Science*, 2(1), 9-14. <https://doi.org/10.26905/jeemecs.v2i1.2804>
- Arbulú, M., Martínez, F., and Montiel, A. (2015). Metodología para el uso de la técnica de localización de raíces en la planeación de rutas para robots móviles. *Tecnura*, 19(46), 49-64. <https://doi.org/10.14483/udis-trital.jour.tecnura.2015.4.a04>
- Armin, M., Roy, P., Sarkar, S., and Das, S. (2018). LMI-based robust PID controller design for voltage control of islanded microgrid. *Asian Journal of Control*, 20(5), 2014-2025. <https://doi.org/10.1002/asjc.1710>
- Ataslar-Ayyıldız, B., and Karahan, O. (2018). Tuning of fractional order PID controller using cs algorithm for trajectory tracking control. In 6th international conference on control engineering information technology (CEIT 2018) (p. 1-6). <https://doi.org/10.1109/CEIT.2018.8751895>
- Chanti, D., Santosh, D., and Padma, R. (2017). Tuning of PID controllers for unstable systems using direct synthesis method. *Indian Chemical Engineer*, 59(3), 215-241. <https://doi.org/10.1080/00194506.2016.1255570>
- Chen, M.-R., Zeng, G.-Q., and Xie, X.-Q. (2018). Population extremal optimization-based extended distributed model predictive load frequency control of multi-area interconnected power systems. *Journal of the Franklin Institute*, 355(17), 8266-8295. <https://doi.org/10.1016/j.jfranklin.2018.08.020>
- Febina, P., Sunil, T., and Jacob, J. (2018). GA tuned two degree of freedom PID controller for time delay systems. *International Journal of Intelligent Systems Technologies and Applications*, 17(1), 123-135. <https://doi.org/10.1504/IJIS-TA.2018.10012889>
- Habibi, H., Rahimi, H., and Howard, I. (2018). Adaptive PID control of wind turbines for power regulation with unknown control direction and actuator faults. *IEEE Access*, 6(1), 37464-37479. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2853090>
- Hettrick, H., and Todd, J. (2019). In-flight adaptive PID sliding mode

- position and attitude controller. In IEEE aerospace conference (p. 1-9). <https://doi.org/10.1109/AERO.2019.8741991>
- Jacinto, E., Giral, M., and Martínez, F. (2016). Multi-agent navigation model based on bacterial quorum sensing. *Tecnura*, 20(47), 29-38. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.1.a02>
- Jagatheesan, K., Anand, B., Dey, N., and Ashour, A. (2018). Effect of SMES unit in AGC of an interconnected multi-area thermal power system with aco-tuned PID controller. In (p. 164-185). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-4151-6.ch007>
- Jayaraman, L., Vijayakumar, K., Nandagopal, V., and Rameshkumar, K. (2018). Implementation of ILC based gain scheduled PID controller for non linear spherical tank level process. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 118(18), 4637-4644.
- Martínez, F., Hernández, C., and Acero, D. (2017). Segmentación de imagen por color basado en quorum sensing bacterial. *Tecnura*, 20(2016), 55-63.
- Martínez, F., Rendón, A., and Arbulú, M. (2018). An algorithm based on the bacterial swarm and its application in autonomous navigation problems. *Lecture Notes in Computer Science*, 10941(1), 304-313. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93815-8_30
- Patil, B., Waghmare, L., and Uplane, M. (2019). Discrete sliding mode controller action with pid sliding surface for non linear plant along with changing set point. In 3rd international conference on computing methodologies and communication (ICCMC 2019) (p. 177-181). <https://doi.org/10.1109/ICCMC.2019.8819864>
- Ramirez, J., López, J., and noz, N. M. (2018). Particle swarm metaheuristic applied to the optimization of a PID controller. *Contemporary Engineering Sciences*, 11(67), 3333-3342. <https://doi.org/10.12988/ces.2018.87350>
- Ravi, C., and Padma, R. (2018). Design of PID controllers for unstable systems using multiple dominant pole-placement method. *Indian Chemical Engineer*, 60(4), 356-370. <https://doi.org/10.1080/00194506.2017.1363673>
- Sanghavi, B., Tejaswini, C., and Venkateshappa, V. (2019). DC/DC boost converter using DSP controller for fuel cell. *Perspectives in Communication, Embedded-System and Signal-Processing*, 2(10), 248-251.
- Tasoren, A., Orenbas, H., and Sahin, S. (2018). Analyze and comparison of different PID tuning methods on a brushless DC motor using Atmega328 based microcontroller unit. In 6th international conference on control engineering information technology (CEIT 2018) (p. 1-4). <https://doi.org/10.1109/CEIT.2018.8751768>
- Vanavil, B., Krishna, K., and Seshagiri, A. (2015). Improved PID controller design for unstable time delay processes based on direct synthesis method and maximum sensitivity. *International Journal of Systems Science*, 46(8), 1349-1366.

Wang, B., Mihalec, M., Gong, Y., Pompi-li, D., and Yi, J. (2018). Disturbance observer-based motion control of small autonomous underwater vehicles. In Dynamic systems and control conference (ASME 2018) (p. 1-8). <https://doi.org/10.1115/DSCC2018-9200>

Wang, Z., Wang, L., Yun, Z., and Wang, J. (2018). Temperature control based on fuzzy-PID algorithm for the black-body radiation source. In IEEE international conference on mechatronics and automation (ICMA 2018) (p. 797-802). <https://doi.org/10.1109/ICMA.2018.8484315>





Análisis Del Riesgo De La Cobertura De Energía Firme En Colombia A Mediano Plazo

Risk Analysis Of Firm Energy Coverage In Colombia In The Medium Term

Ricardo Moreno Chuquen¹ , Sergio Cantillo Luna² 

Fecha de recepción: 20 Septiembre 2019

Fecha de aceptación: 05 de Febrero de 2020

Cómo citar: Moreno-Chuquen., R., y Cantillo-Luna., S. (2020). Análisis del riesgo de la cobertura de energía firme en Colombia a mediano plazo. *Tecnura*, 23(64). 23-33

<https://doi.org/10.14483/22487638.16487>

RESUMEN

Objetivo: Al considerar la vulnerabilidad del sector eléctrico colombiano al cambio climático y los posibles riesgos que pueden presentarse como: incumplimientos en obligaciones de energía firme (OEF) por las unidades de generación, los atrasos de proyectos de generación con energía firme comprometida (caso Hidroituango entre otros) y la disponibilidad de energía firme en el mercado, implican un riesgo sistémico para la provisión de energía eléctrica a mediano plazo. Por tanto, este artículo realiza un análisis de riesgo con base en las previsiones y consideraciones aplicadas en documentos técnicos oficiales y resoluciones vigentes de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) en el balance de demanda y OEF a mediano plazo, con el fin de determinar el riesgo existente y las acciones que la entidad debe realizar para mitigarlo.

Metodología: A través del estudio sistemático de documentos técnicos y resoluciones recientes de la CREG, se llevó a cabo una reconstrucción de los balances de obligaciones de energía firme (OEF) y demanda proyectada a mediano plazo (cinco vigencias desde 2018 – 2019 hasta la 2022 – 2023) con información proveniente de operador del sistema eléctrico (XM), con el fin de llevar a cabo análisis basados en dos (2) escenarios considerados en documentos técnicos de la CREG relacionados al tema (Doc. CREG 050-2018 y Doc. CREG 075-2018), determinando así las fuentes de riesgo y las medidas adoptadas al respecto.

Resultados: Acorde con los escenarios planteados y al análisis de riesgo realizado en este artículo, se observó que la cantidad de OEF actual, en especial para el segundo escenario planteado, requiere toda la energía firme para

¹ Doctor en Ingeniería, magíster en Ingeniería Eléctrica de la Universidad de los Andes. Profesor de Ingeniería en la Universidad Autónoma de Occidente. Cali (Colombia). Contacto: rmoreno@uao.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4321-2623>

² Ingeniero mecatrónico, Investigador en la Universidad Autónoma de Occidente. Cali (Colombia). Contacto: sergio.cantillo@uao.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2909-9425>

el cargo por confiabilidad (ENFICC) base que pueda ofrecer Hidroituango, a pesar de ser un proyecto con atrasos y que probablemente no pueda ingresar para las vigencias donde hay riesgo de desabastecimiento, por lo cual es pertinente solicitar una subasta de reconfiguración para esas vigencias.

Conclusiones: Se confirma la alta probabilidad de riesgo de desabastecimiento para la última vigencia bajo estudio (2022-2023) en los dos (2) escenarios propuestos por la CREG, dado el nivel de ENFICC incrementales (ENFICC con riesgo de oportunidad) y por la disponibilidad de energía firme disponible para satisfacer la demanda, en especial por las OEF adquiridas por el proyecto Hidroituango. (déficit de 2500 GWh-año y 4550 GWh-año respectivamente).

Financiamiento: Universidad Autónoma de Occidente.

Palabras clave: cargo por confiabilidad; energía firme (EF); obligaciones de energía firme (OEF); riesgo.

ABSTRACT

Objective: When considering the climate change vulnerability of the Colombian electricity sector and the possible risks that may arise, such as: non-compliance with firm energy obligations (FEO) by generation units, delays in generation projects with firm energy commitments (the Hidroituango case, among others) and the availability of firm energy in the market, imply a systemic risk for the provision of electricity in the medium term. Therefore, this article performs a risk analysis based on the forecasts and considerations applied in official technical documents and current resolutions of the Energy and Gas Regulation Commission (CREG) in the demand balance and OEF in the medium term, in order to determine the existing risk and the actions that the entity must take to mitigate it.

Methodology: Through the systematic study of recent technical documents and resolutions of the CREG, a reconstruction of the balances of firm energy obligations (FEO) and projected demand in the medium term (five periods from 2018 - 2019 to 2022 - 2023) was carried out with information from the electricity system operator (XM), in order to carry out analyses based on two (2) scenarios considered in CREG technical documents related to the subject (Doc. CREG 050-2018 and Doc. CREG 075-2018), thus determining the sources of risk and the measures adopted in this regard.

Results: According to the proposed scenarios and the risk analysis carried out in this article, it was observed that the current amount of OEF, especially for the second proposed scenario, requires all the firm energy for the base reliability charge (ENFICC) that Hidroituango can offer, in spite of being a project with delays and that probably cannot enter for the periods where there is a risk of lack of supply, for which reason it is pertinent to request a reconfiguration auction for those periods.

Conclusions: The high probability of shortage risk for the last term under study (2022-2023) is confirmed in the two (2) scenarios proposed by the CREG, given the level of incremental ENFICCs (ENFICC with opportunity risk) and by the availability of firm energy available to meet demand, especially by the OEF acquired by the Hidroituango project (deficit of 2500 GWh-year and 4550 GWh-year respectively).

Financing: Universidad Autónoma de Occidente

Keywords: Reliability Fee; Firm Energy; Firm Energy Obligations (Bonds); Risk.

INTRODUCCIÓN

La capacidad instalada para producir energía eléctrica en Colombia está conformada por plantas de generación hidráulica que corresponden al 70 % del total (Giral et al, 2017; UPME, 2018). En cuanto a la cobertura de energía en el Sistema Interconectado Nacional (SIN) a mediano y largo plazo, dada la vulnerabilidad al cambio climático que representa producir con este tipo de energía (Parada et al, 2016; Ladino, Martínez y Buriticá, 2018), la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) ha realizado diferentes acciones al respecto, como el caso de la incorporación de fuentes renovables a la matriz de generación a través de la ley 1715 de 2014, lo que ha impulsado el estudio de este tema desde ámbitos, en especial los escenarios energéticos a medio y largo plazo como los propuestos en (Rojas, Ducuara y Moreno, 2015). No obstante, la acción más importante que ha realizado esta entidad en función de mitigar el riesgo de desabastecimiento, fue establecer en diciembre de 2006, mediante la Resolución 071 de 2006, la metodología para la asignación y remuneración del cargo por confiabilidad cuyo objetivo es garantizar en todo momento el suministro de energía de forma confiable y a precio eficiente, atendiendo la demanda cuando los recursos hídricos escaseen críticamente en periodos de sequía (CREG, 2006).

En principio, los nuevos proyectos de generación y las unidades existentes de todas las tecnologías pueden acceder al cargo por confiabilidad a través de las subastas de energía firme y comprometer obligaciones de energía firme (OEF) (CREG, 2006), que corresponden al compromiso de producir una cantidad de energía de acuerdo a su energía firme para el cargo por confia-

bilidad (ENFICC) en condiciones críticas de abastecimiento, y cuando el precio de bolsa por lo menos en una hora supere el tope establecido por la CREG, denominado precio de escasez (Bedoya, Rodas y García, 2016; CREG, 2018a).

A partir de la entrada del mecanismo de cargo por confiabilidad en 2008 y las subastas de los siguientes años, el mecanismo de asignación y su validez quedó a prueba durante el fenómeno de El Niño en 2015-2016. Reportes recientes de la CREG indicaron que durante este evento se hicieron efectivas las garantías financieras a seis plantas hidráulicas por incumplimiento respecto a la energía firme comprometida.

De esta manera, la efectividad (evitar riesgo de desabastecimiento) de la ejecución de las garantías financieras depende de la disponibilidad de energía en el mercado. En este sentido, los comisionados de la CREG se percataron de que el balance de energía con base en el cual se realizan las convocatorias y posteriores asignaciones de energía firme— debe explicitar el riesgo de incluir en la subasta ofertas de energía firme de parte de centrales hidroeléctricas. Por tanto, a través del Documento CREG 115 de 2016 se propone que el balance de energía firme anual discrimine del total de energía firme aquella que comprometen los agentes de centrales hidroeléctricas. De esta manera, calcular la energía firme que pueden garantizar las centrales hidroeléctricas en condiciones de baja hidrología puede representar un riesgo, dadas las contradicciones intrínsecas de calcular energía firme de centrales hidroeléctricas que aprovechan un recurso escaso en condiciones de sequía.

Sin embargo, durante el periodo normal entre subastas de energía firme se puede recurrir a otros mecanismos de asignación,

pues, como se menciona en [CREG \(2006\)](#), [...] durante el primer semestre de cada año, la CREG verificará si la suma de ENFICC de cada unidad de generación es igual a la demanda objetivo calculada para la vigencia que comienza el 1° de diciembre de acuerdo a lo establecido en el artículo 19 de esta resolución. (p. 12) Ese proceso de verificación es realizado a través de balances de ENFICC y demanda objetivo.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En las subastas del cargo por confiabilidad el producto de mercado subastado es la energía firme, denominada energía firme para el cargo por confiabilidad (ENFICC), que se define como “la cantidad máxima de energía eléctrica que es capaz de entregar una unidad de generación de manera continua en condiciones de baja hidrología, en un periodo de un año” ([CREG, 2006, p. 6](#)). La metodología para calcular o determinar la energía firme es definida por la CREG según la metodología presentada en la Resolución 071 de 2006. Acorde a su anexo 3, el cálculo de la ENFICC para centrales térmicas depende de la capacidad de la planta, de la disponibilidad del (de los) combustible(s) a través de los contratos de suministro y del índice de indisponibilidad de salidas forzadas, entre otros parámetros relacionados con la fuente de energía. El cálculo de la ENFICC para centrales hidroeléctricas se realiza a través de un modelo de optimización de programación lineal entera mixta, y la formulación completa del problema se encuentra en el anexo 9 de la Resolución 071 de 2016 ([Osorno-Cardona, Mejía-Giraldo y Muñoz-Galeano, 2018](#)).

El segundo paso de la metodología de cálculo de la EF de centrales hidroeléctricas consiste

en organizar sus valores históricos anuales de menor a mayor y así construir una curva de distribución de probabilidad para cada unidad, expresada en kilovatios hora/día-año (kWh/día-año). El menor valor corresponde al 100 % de probabilidad de excedencia de energía disponible y se identifica como ENFICC base, que según la Resolución 079 de 2006 ([CREG, 2006](#)), “corresponde a aquella generación que es capaz de entregar una planta en la condición del 100% de PSS” (PSS: probabilidad de ser superado) (p. 9). El ENFICC base es utilizado en las subastas de ENFICC como el valor de referencia en la declaración de EF. Si el agente que representa una central hidroeléctrica opta por ofrecer un valor de energía superior al ENFICC base, entonces debe respaldar esta diferencia con una garantía.

De la distribución de probabilidad se obtiene un valor clave en la estimación de la EF, correspondiente al ENFICC 95 % PSS que de acuerdo la Resolución CREG 079 de 2006, “corresponde a aquella generación que es capaz de entregar la planta en la condición del 95% PSS de la curva de distribución de probabilidad” ([CREG, 2007, p. 8](#)). En las subastas de energía firme para el cargo por confiabilidad el agente puede realizar ofertas entre el ENFICC base y el ENFICC 95 %.

Hay que tener en cuenta que estas EF son soluciones complementarias al cargo por confiabilidad para garantizar ofertas eficientes de energía eléctrica en el mediano y largo plazo, donde se remunera la potencia firme para el abastecimiento en las condiciones críticas de hidrología ([Buriticá-Arboleda, Ramírez-Escobar y Álvarez-Bel, 2019](#)), por tal motivo el margen de ofertas en un 5 % representa un indicador de riesgo dado que el ENFICC base parte del

supuesto de que a mediano y largo plazo se replicarán los eventos históricos de bajos niveles hidrológicos y este nivel representa el valor mínimo de oferta. En este contexto, en 2018, la CREG publicó la Resolución 104 de 2018 con disposiciones para realizar una subasta para la asignación de las OEF del cargo por confiabilidad para el periodo comprendido entre el 1 de diciembre de 2022 y el 30 de noviembre de 2023.

Esta Resolución sigue las recomendaciones del Documento CREG 050 de 2018 y del proyecto de Resolución CREG 064 de 2018, en cuanto al requerimiento de convocar una subasta para la entrada de nuevos proyectos de generación para el periodo 2022-2023, dado que las proyecciones señalan un déficit en EF para dicho periodo, como se puede apreciar en la [figura 1](#).

En cuanto al análisis de riesgo, la Resolución CREG 104 de 2018 señala algunos aspectos claves detectados durante el fenómeno de

El Niño 2015-2016 y que ponen en evidencia el riesgo en la cobertura de energía a mediano plazo. La [CREG \(2018b\)](#) encuentra “conveniente que en el balance de energía firme que se hace anualmente se discrimine del total de energía firme aquella porción que corresponde a ENFICC incremental” (p. 4). La ENFICC incremental corresponde a la oferta del agente de cada central que es mayor al ENFICC base y que se respalda con una garantía financiera, la cual se activa en caso de incumplimiento y que en principio permitiría comprar el faltante de energía a otro agente. En este sentido, en el documento en mención enfatiza sobre [...] la necesidad de reevaluar el concepto o parametrización de la ENFICC incremental, en particular ante un escenario de una oferta de energía más restringido, en donde las garantías financieras sean insuficientes para mitigar el riesgo de incumplimiento en el evento de que no se cuente físicamente con más energía en el sistema,

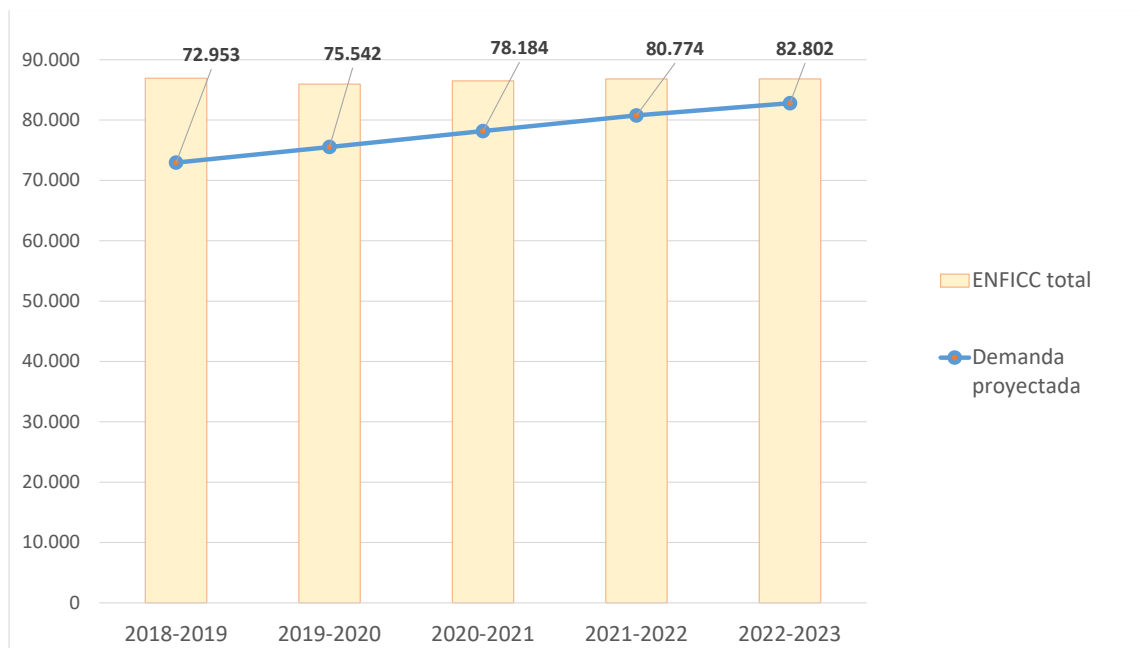


Figura 1. Proyección de demanda vs. ENFICC totales

Fuente: elaboración propia con información disponible en CREG 050 de 2018.

con la que se pudiese cubrir dicho faltante. (CREG, 2018b, p. 5)

En concordancia con las evidencias y hallazgos, el artículo 7 de la Resolución 104 de 2018 indica que para la subasta se usará en ENFICC del 98 % PSS, como la cota superior de oferta para los agentes que representan plantas de generación hidráulicas existentes.

Las asignaciones de las OEF se realizan por medio de subastas a los generadores e inversionistas que garanticen la confiabilidad en el suministro de energía a largo plazo a precios eficientes (CREG, 2006).

METODOLOGÍA

De acuerdo con la verificación, la CREG cuenta con mecanismos de asignación para realizar verificaciones anuales, si la comparación arroja un déficit (menor oferta de ENFICC que demanda) se convoca una asignación por medio de subasta, incentivando la entrada a nuevas plantas (para estas son asignadas OEF hasta por veinte años (CREG, 2018b)). Por otro lado, si se presenta un superávit (mayor oferta que demanda) se realiza una asignación administrada (CREG, 2018a) por un periodo de vigencia de un año entre las unidades existentes a “prorata” de su participación en la oferta total, sin la inclusión de nuevas plantas (CREG, 2018b).

La CREG, al final de la vigencia 2018-2019, consideró pertinente determinar el mecanismo de asignación de OEF de cuatro periodos, es decir 2019-2020, 2020-2021, 2021-2022 y 2022-2023. Para los tres primeros periodos, a través de la Resolución 065 de 2018, recurrió al mecanismo de asignación administrada; sin embargo, los balances realizados en el documento realizado

en CREG (2018a) muestran que la energía firme disponible aún era suficiente para satisfacer la demanda, pero recomendaron el incentivo a la entrada de proyectos en la vigencia 2021-2022.

Del mismo modo, para la vigencia 2022-2023 el documento técnico recomendó llevar a cabo una subasta de asignación de OEF en la medida en que se registrara un déficit para el cumplimiento de la demanda (CREG, 2018b), debido al retraso de unidades de generación o por la falta de energía firme gracias a las ENFICC incrementales que no puedan ser entregadas.

Dado el contexto anterior, a través de la información disponible en la plataforma del operador del sistema (XM, 2019) se reconstruyeron los balances de oferta de OEF y demanda proyectada según los dos (2) escenarios bajo la influencia del fenómeno de El Niño como se plantean en (CREG, 2018a), correspondientes a los incumplimientos de OEF por parte de unidades de generación hídricas y a los atrasos en proyectos de generación como Hidroituango y Termonorte, esto con el fin de determinar y analizar los riesgos de desabastecimiento y las acciones a realizar por parte de la CREG para mitigarlos. El desarrollo de cada escenario se encuentra en la sección de resultados.

RESULTADOS

Para determinar el impacto de la distribución de las OEF en las vigencias bajo estudio y las acciones que debe realizar la CREG ante el riesgo de desabastecimiento, se crearon dos (2) escenarios donde fueron reconstruidos los balances de OEF y demanda proyectada de cinco (5) vigencias respecto a los escenarios planteados por la CREG en su documento técnico (CREG, 2018a).

Escenario 1: incumplimiento de OEF previo a subasta 2019

En el primer escenario se planteó la posibilidad de que presenten incumplimientos equivalentes a una fracción constante de las OEF asignadas para cada vigencia bajo estudio. Esta fracción equivale al peor escenario de incumplimiento del que se tenga registro, ocurrida durante el fenómeno de El Niño de 2015-2016 correspondiente a un tercio (33,3%) de las obligaciones asignadas para esas vigencias.

Estas OEF pertenecían a unidades de generación hídricas que por distintas razones (niveles de embalse, problemas técnicos, entre otros) no cumplieron los compromisos adquiridos, de modo que fueron ejecutadas las garantías económicas para conseguir la energía faltante en el mercado de energía.

La [figura 2](#). corresponde al análisis comparativo con la desagregación de las ENFICC incrementales mencionadas anteriormente, y la demanda proyectada para cada una de las vigencias bajo estudio.

Al centrar el análisis en el periodo 2022-2023, para cumplir la demanda esperada se requiere una gran porción de la ENFICC incremental equivalente a 2029 GWh/año. Esta cantidad según ([CREG, 2018a](#)) se puede cubrir a través de una asignación administrada y una fracción de las ENFICC incrementales, siempre y cuando los proyectos que entren al sistema en esas vigencias no tengan atrasos.

Sin embargo, también se planteó que, si se desea reducir la participación de ENFICC incrementales en las asignaciones de OEF, era necesario convocar a una subasta de expansión para incluir nuevas plantas que agreguen energía firme ([CREG, 2018a](#)).

Ambas situaciones fueron comprobadas con la reconstrucción de balance de oferta de OEF y demanda con la información disponible en el portal del operador del sistema.

Dada la cantidad de energía faltante para cubrir la demanda, se recomienda la realización de la subasta de expansión con el fin de disminuir los riesgos asociados

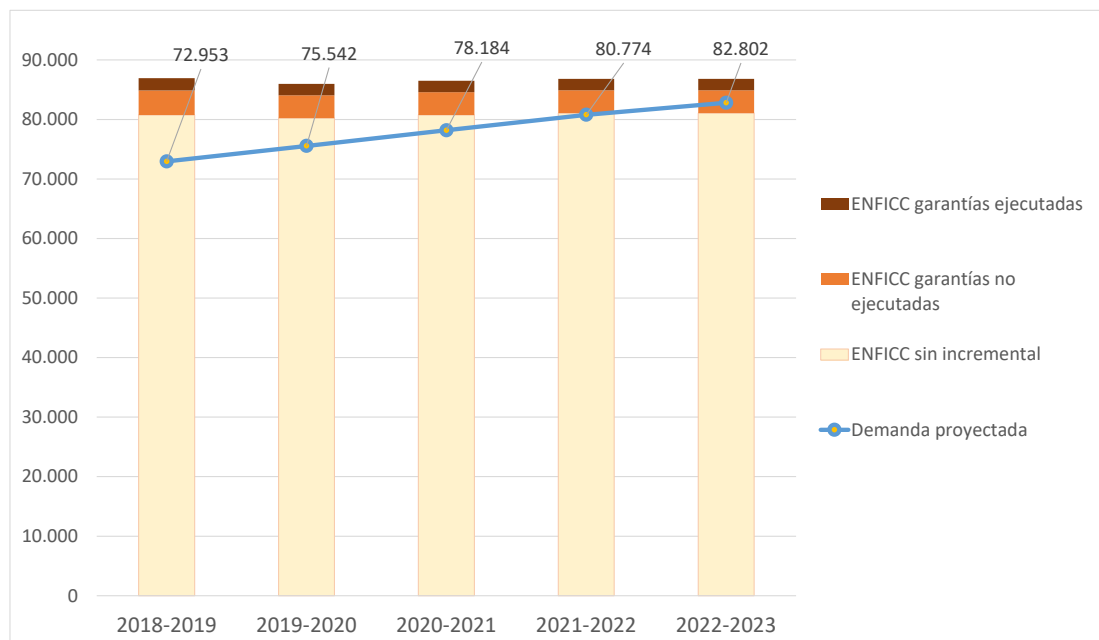


Figura 2. Balance oferta y demanda de energía firme, escenario de incumplimiento de OEF

Fuente: elaboración propia con información disponible en Documento CREG 050 de 2018.

a depender de una gran cantidad de EN-FICC incrementales, diversificar la matriz energética (en especial disminuir las OEF adquiridas por unidades de generación hídricas), garantizando cobertura de electricidad bajo los estándares de competitividad, confiabilidad y asequibilidad tanto a mediano como a largo plazo.

Escenario 2: atraso en proyectos de generación

En el segundo escenario se plantean los impactos de los posibles atrasos de proyectos de generación en el balance de oferta y demanda de las ENFICC, explícitamente se menciona el caso de Termonorte que tiene OEF por 619 GWh/año e Hidroituango cuya OEF es de 8529 GWh/año incluyendo su ENFICC incremental.

La CREG en (2018a) argumentó esta posibilidad, dado que en los informes de auditoría para ambas unidades mencionan, que en el caso de Termonorte tienen prevista su entrada para el año 2018, por lo que fue incluida en este escenario como un proyecto que está en la capacidad de entregar la energía firme comprometida. Por otro lado, para Hidroituango estos informes han señalado la alta probabilidad de que este proyecto no esté disponible para las vigencias bajo estudio, dados los continuos inconvenientes y retrasos que ha sufrido en los últimos meses.

Con esa información, se realizó el balance de oferta de energía firme discriminando las cantidades de OEF que adquirió Hidroituango (tanto la ENFICC base como la incremental) del resto de unidades con OEF en las vigencias bajo estudio.

Por otra parte, como en el escenario anterior, se discriminó la ENFICC incremental de las unidades de generación hídricas con

OEF adquiridas en cada vigencia, para así evidenciar el déficit real de energía firme en este escenario (figura 4).

Se puede apreciar que la proyección de la demanda en la vigencia 2022-2023 es muy superior a la ENFICC base e incremental, de todas las unidades de generación (déficit de 5747 GWh-año), al punto que dependen de la gran cantidad de energía firme que tendría Hidroituango para satisfacer dicha proyección (5708 GWh-año de EN-FICC base y 39 GWh-año de ENFICC incremental). También se evidenció que para las vigencias 2020-2021 y 2021-2022, el sistema sería vulnerable ante potenciales incumplimientos de ENFICC incremental, dado que requerirían toda la energía firme comprometida, incluyendo una porción de ENFICC base de Hidroituango para satisfacer la demanda.

También, en el documento técnico (CREG, 2018a) se menciona que, para estas mismas vigencias el déficit de energía firme bajo este escenario podría duplicarse; dicha afirmación se comprobó a través de la reconstrucción del balance de oferta y demanda de EF, donde al discriminar la información correspondiente, se obtuvo un déficit de energía firme de 2500 GWh/año para 2021-2022 y de 4550 GWh-año para la vigencia 2022-2023. Esta información sustenta el hecho de solicitar la realización de mecanismos de asignación de OEF en la mayor brevedad posible. No obstante, se espera que la postura adoptada por la CREG al asignar estas obligaciones, contribuya a la diversificación de la matriz energética y que no incurra en costos adicionales a los usuarios.

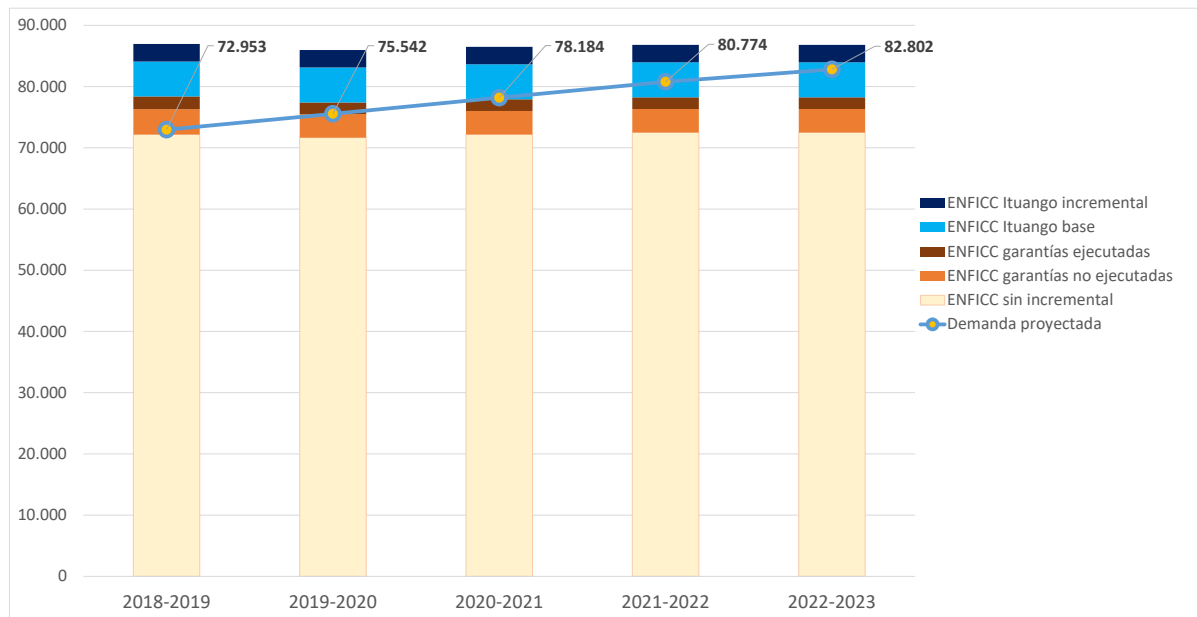


Figura 4. Balance de oferta y demanda de energía firme, escenario atraso proyectos de generación

Fuente: elaboración propia con información disponible en Documento CREG 050 de 2018.

CONCLUSIONES

Después de la descripción de los posibles escenarios que se pueden presentar para la vigencia 2022-2023 como los desarrollados en el documento técnico de la CREG reconstruidos aquí, se ha comprobado la existencia de un riesgo importante de cobertura para las vigencias 2021-2022 y 2022-2023 en caso de presentarse atrasos en el proyecto de Hidroituango. Esto se debe a un déficit que puede ascender desde 2500 GWh-año en 2022 hasta 4550 GWh-año en 2023, considerando la alta probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de El Niño durante los periodos mencionados.

Por otra parte, el incumplimiento de OEF también representa un gran riesgo de desabastecimiento, provocado por el déficit de 2029 GWh-año que deberán ser suplidos por otras unidades de generación para 2022 – 2023, por lo que es pertinente re-

alizar una subasta de reconfiguración para dicho periodo. No obstante, se recomienda considerar esta misma labor para las vigencias anteriores.

FINANCIAMIENTO

El presente trabajo de investigación se realizó en el marco del proyecto “Riesgos y vulnerabilidad del sector eléctrico al cambio climático”, financiado por la Universidad Autónoma de Occidente, Cali (Colombia).

REFERENCIAS

Bedoya, J.C., Rodas, E.A. y García, D.F. (2016). Aspectos comerciales del esquema del cargo por confiabilidad en el mercado eléctrico colombiano. *Scientia et Technica*, 21(1), 5-14. DOI: <https://doi.org/10.22517/23447214.10171>

- Buriticá-Arboleda, C., Ramírez-Escobar, C. y Álvarez-Bel, C. (2019). La seguridad de abastecimiento eléctrico en mercados liberalizados. 1a. ed. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (2006). Resolución 071. Por la cual se adopta la metodología para la remuneración del Cargo por Confiabilidad en el Mercado Mayorista de Energía. Recuperado de: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resolucion-2006-Creg071-2006>
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (2007). Manual del programa para calcular la Energía firme para el cargo por confiabilidad de plantas hidráulicas. Recuperado de [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/52188526a7290f8505256eee0072eba7/ab5194135225f68e0525785a007a6d8c/\\$-FILE/CIRCULAR064-2006%20ANEXO1.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/52188526a7290f8505256eee0072eba7/ab5194135225f68e0525785a007a6d8c/$-FILE/CIRCULAR064-2006%20ANEXO1.pdf)
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (2018a). Documento Técnico CREG-050-2018. Subasta del Cargo por Confiabilidad 2022-2023. Bogotá: Comisión de Regulación de energía y gas Recuperado de [http://apolo.creg.gov.co/publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb-b05256eee00709c02/33e8e87061d-a6ab60525829800704481/\\$-FILE/D-050-18%20SUBASTA%20DEL%20CARGO%20POR%20CONFIABILIDAD%202022-2023.pdf](http://apolo.creg.gov.co/publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb-b05256eee00709c02/33e8e87061d-a6ab60525829800704481/$-FILE/D-050-18%20SUBASTA%20DEL%20CARGO%20POR%20CONFIABILIDAD%202022-2023.pdf)
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (2018b). Resolución 064. Por la cual se fija la oportunidad para llevar a cabo la Subasta para la asignación de las Obligaciones de Energía Firme del Cargo por Confiabilidad para el período comprendido entre el 1 de diciembre de 2022 y el 30 de noviembre de 2023 y se hacen modificaciones a la Resolución CREG 071 de 2006. Recuperado de: [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb-b05256eee00709c02/33e8e87061d-a6ab60525829800704481/\\$FILE/Creg064-2018.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb-b05256eee00709c02/33e8e87061d-a6ab60525829800704481/$FILE/Creg064-2018.pdf)
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) (2018c). Documento Técnico CREG-075-2018 Subasta de Expansión del Cargo por Confiabilidad 2022 – 2023. Bogotá: Comisión de Regulación de Energía y Gas.
- Giral, W., Celedón, H., Galvis, E. y Zona, A. (2017). Redes inteligentes en el sistema eléctrico colombiano: revisión de tema. Revista Tecnura, 21(53), 119-137, DOI: <https://doi.org/10.14483/22487638.12396>
- Ladino, A., Martínez, J. y Buriticá, C. (2018). Metodología APRENDYSAGE aplicada a los casos de estudio: Briceño-Boyacá y Cajicá-Cundinamarca. Tecnura, 22(57), 13-31. DOI: <https://doi.org/10.14483/22487638.13987>
- Osorno-Cardona, Y.A., Mejía-Giraldo, D.A. y Muñoz-Galeano, N. (2018). Metodología para Estimación de Energía Firme a través de Series Hídricas Sintéticas Desacopladas. Información Tecnológica, 29(5), 35-46. DOI: <http://doi.org/10.4067/S0718-07642018000500035>
- Parada Prieto, E. A., Illera Bustos, M. J., Sepúlveda Mora, S. B., Guevara Ibarra, D., & Medina Delgado, B. (2016). Sistema de control domótico de bajo costo: un respaldo a la generación ecológica de energía eléctrica en Co-

lombia. Revista Tecnura, 20(49), 120-132. DOI: <https://10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.3.a081>

Rojas, A., Ducuara, Y., & Moreno, R. (2015). Escenarios energéticos a 2050 con integración de fuentes de energía eléctrica renovables en Colombia. Revista Tecnura, 19 (CITIE), 83-89. DOI: <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.ICE.a101>

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) (2018). Informe mensual de variables de generación y del mercado eléctrico colombiano - agosto de 2018. Bogotá: Unidad de Planeación Minero Energética. Recuperado de http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2018/Informe_de_variables_Ago_2018.pdf

XM S.A. E.S.P. (2019). Resultados generales subasta OEF 2022-2023. Medellín: XM S.A E.S.P. Recuperado de: <https://www.xm.com.co/Resultado%20subasta%20carga%20por%20confiabilidad/ResultadosSubasta%20OEF22-23.pdf>





Permittivity experimental determination as a frequency function

Determinación experimental de la permitividad como función de la frecuencia.

Oscar Julián González Riaño¹ , Brayan Andrés Vega Valencia² ,
César Alexander Chacón-Cardona³ 

Fecha de recepción: 20 Septiembre 2019

Fecha de aceptación: 05 de Febrero de 2020

Cómo citar: González-Riaño., O.J., Vega-Valencia., B.A. y Chacón-Cardona., C.A. (2020). Permittivity experimental determination as a frequency function. *Tecnura*, 24(64) 34-47.

<https://doi.org/10.14483/22487638.16533>

RESUMEN

Contexto: En telecomunicaciones y los circuitos en alta frecuencia es necesario tener en cuenta la disminución de la permitividad de los dieléctricos en capacitores cerámicos con el aumento de la frecuencia, se proponen 2 métodos cuantitativos para determinar el comportamiento.

Método: Primero se utilizó el puente medidor de impedancias FLUKE PM6306 en el rango de frecuencias entre 10^2 Hz hasta 10^5 Hz, y segundo, un circuito electrónico novedoso de bajo costo para frecuencias entre 10^4 Hz hasta 10^7 Hz.

Resultados: Se validaron los resultados obtenidos con el circuito contrastándolo con el puente de impedancias RLC FLUKE PM6306. Se obtu-

vo la medición de la capacitancia compleja de tres diferentes condensadores, así como la tangente de pérdidas asociada.

Conclusiones: Se observó la disminución de la capacitancia con el aumento de la frecuencia a través del puente de impedancias, así como con el circuito implementado, encontrando convergencia entre los dos métodos en la región común de frecuencia.

Palabras clave: condensadores; capacitancia compleja; permitividad compleja; circuitos de frecuencia.

ABSTRACT

Objective: To determine the behavior of dielectric permittivity of class II ceramic capacitor in function of frequency up to 10MHz.

¹ Pregrado (Tecnólogo en electrónica). Estudiante de Ingeniería en Telecomunicaciones. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C, Colombia. Contacto: ojgonzalezr@correo.udistrital.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1385-1560>

² Pregrado (Tecnólogo en electrónica). Estudiante de Ingeniería en Telecomunicaciones. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C, Colombia. Contacto: bavegav@correo.udistrital.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2113-4521>

³ Posgrados (Maestría y Doctorado en Ciencias, Física), Pregrado (Físico). Docente Asistente de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas e integrante del grupo de investigación de Compatibilidad Electromagnética CEM, Bogotá D.C, Colombia.

Contacto: cachaconc@udistrital.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0558-0935>

Context: in telecommunications and high frequency circuits is necessary to take into account the diminishing of permittivity on dielectrics of ceramic capacitors with the frequency growth, two quantitative methods are proposed to determine this behavior.

Method: First, the impedance meter bridge FLUKE PM5306 was used in the frequency range from 10^2 Hz to 10^5 Hz; and second, a novel low-cost electronic circuit for the frequency range between 10^4 Hz to 10^7 .

Results: The results from the circuit were validated using the impedance meter bridge RLC

FLUKE PM 6306. The measure of the complex capacitance from three capacitors and their loss tangent were obtained.

Conclusions: The capacitance decreasing with the increment of the frequency was observed in the impedance meter bridge and the implemented circuit, finding a convergence between both methods in the common frequency region.

Keywords: Capacitors; complex capacitance; complex permittivity; frequency circuits.

INTRODUCTION

The dielectric permittivity is the measure of the response of an electrical insulator in presence of an external electric field. The electric charge in atoms and molecules of non-conducting materials deforms and tries to turn the molecules following the direction of the electric field (i.e. the polarization phenomenon). A high value of permittivity indicates a high polarization with changes in physical properties of this materials in response to an external electric field that varies in time (Duane A. Felton, 1965).

The behavior of permittivity as a frequency function, affects the performance of the circuit elements that include dielectrics. In particular, the capacitors have non-conducting materials in order to improve the charge storing, bringing mechanical support and isolating between the conducting plates (González, 2009). These elements must be studied with the purpose of determining its stability and functionality as a frequency function in alternating current circuits. Some of its applications include: charge source or storage to be quickly freed, frequency filters, electronic memories, oscillators, ten-

sion multipliers, derivative and integral circuits, etc. (Schulz, 2011). The behavior of dielectric in frequency circuits is represented by a complex permittivity because the material's polarization has a response time when an electric field with time dependency is applied. In order to know the behavior of the permittivity, the physical model of complex capacitance allows to measure its admittance (complex impedance) making it possible to relate these magnitudes and the permittivity (Casas Piedrafita & Rossel Ferrer, 1998). Therefore, this research is focused on commercial capacitors used in electronics, telecommunications, electrical engineering, and other disciplines that use capacitors in high frequency circuits up to 10Mhz. We present two methods of measurement according to the frequency range: a capacitor bridge (10^2 - 10^5 Hz), and a capacitance measurement circuit (10^4 - 10^7 Hz), which is an innovative and low cost circuit useful as instrumentation circuit of capacitive sensors in AC current circuits.

PHYSICAL FOUNDATIONS

At the beginning of the 20th century, Peter Debye developed the theory of dynamical

response of permittivity as a frequency function with a base of experiments in dipole liquids (Patri, 2016). The polarization behavior is determined regarding the frequency of the external field; thus, the permittivity is represented by a complex number. In order to study the energy losses in the material (Stueriga, 2006), Debye defines the relative permittivity in the complex form:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r^* = \varepsilon_0 (\varepsilon_r' - j \varepsilon_r'') = \varepsilon_0 \varepsilon_r' - j \varepsilon_0 \varepsilon_r'' \quad (1)$$

Where ε_r is the relative permittivity, ε_r' is the real component of the permittivity, ε_r'' the imaginary part and ε_0 the free space permittivity. It is possible to define a complex capacitance (Coffey & Kalmykov, 2006) from equation (1), and for the parallel plate condenser capacitance $C = \varepsilon A/d$, thus $C = \varepsilon_0 (\varepsilon_r' - j \varepsilon_r'') \frac{A}{d}$

$$C' - jC'' = \varepsilon_0 \varepsilon_r' \frac{A}{d} - j \varepsilon_0 \varepsilon_r'' \frac{A}{d} \quad (2)$$

From Equation (2) the complex permittivity (real and imaginary components) can be determined from capacitance measurements. It is possible to represent the energy losses not included in ideal representation by defining the losses tangent of dissipative factor δ (Frubing, 2001):

$$\tan(\delta) = \frac{C''}{C'} = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'} \quad (3)$$

The standard IEC/EN 60384 classifies the non-polar SMD (Surface Mount Device) capacitors in three different classes by their behavior considering frequency and temperatures. (KEMET, 2015, 2018a, 2018b) presents the relevant data of every class. Class I dielectrics are the ones with the best performance in frequency, so this is the one used as reference, while most of the low cost through hole capacitors used in electronic applications are Class II, thus its frequency behavior must be taken into account.

The following section presents the experimental methods used in this work to measure the permittivity.

METHOD

It is possible to obtain the capacitance as a frequency function by using measurement bridges. In this case, the FLUKE-PM6306 is capable to determine the frequency function of a condenser following the real capacitance model, and the capacitor does not respond like an open circuit because the capacitor has a resistive and inductive behavior. This device is useful to work in the range of 50Hz to 1Mhz. Likewise, a logarithmic sample of data is used to make an equitable distribution of every decade (Newfoundland, 2010).

With the purpose of extending the frequency range in this work, it is necessary to implement an electronic circuit of low cost and excellent response in higher frequencies. This circuit was developed using the work of (Deabes, Abdelrahman, & Murray, 2008) with improvements and innovations. The implemented circuit, which is composed from an active filter (Marulanda et al, 2017), has the advantage that it does not

require changes in the circuit's elements, by means of the fast speed operational amplifier MAX4182, used in cameras and Radio Frequency receptors (Maxim Integrated Products, 2001). The new design includes the adaptation of different circuit elements, such as the implementation of bypass capacitors, SMD resistances, and the use of class I capacitors as reference. Furthermore, the tested capacitor from a local commerce was manufactured for different engineering applications, with the glass fiber as the circuit base, its low dielectric permittivity (Massy, 2005), and the use of different values of impedance, which were calculated to improve the frequency response of the circuit.

Moreover, it is necessary to use electric probes in order to develop the measurement process using signal generation, connection with oscilloscope, and data acquisition. Given its capacitive behavior

in AC signals, these electric probes were constructed to diminish the losses by impedance and attenuation (Neri Vela, 1999). The coaxial cable with a characteristic impedance of 50Ω was used to guarantee a good coupling between the signal generator, the input of the capacitance measurement circuit, and the oscilloscope (Neri Vela, 1999). By fulfilling two criteria, the RG8/U coaxial cable was chosen according with its datasheet information (Belden, 2018), with losses of 1.7 dB every 100 ft at 100 MHz. The dielectric inside the coaxial cable is foamed polyethylene, which has a permittivity in a range of 1.3 to 3 following its porosity at low frequency (Strååt, Chmutin, & Boldizar, 2010). Based on the permittivity of dielectric inside the coaxial, the maximum wavelength in the propagation media at the high frequency is calculated (Neri Vela, 1999)

$$\lambda = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r} f} = 19.35 [m]$$

. Two coaxial probes were

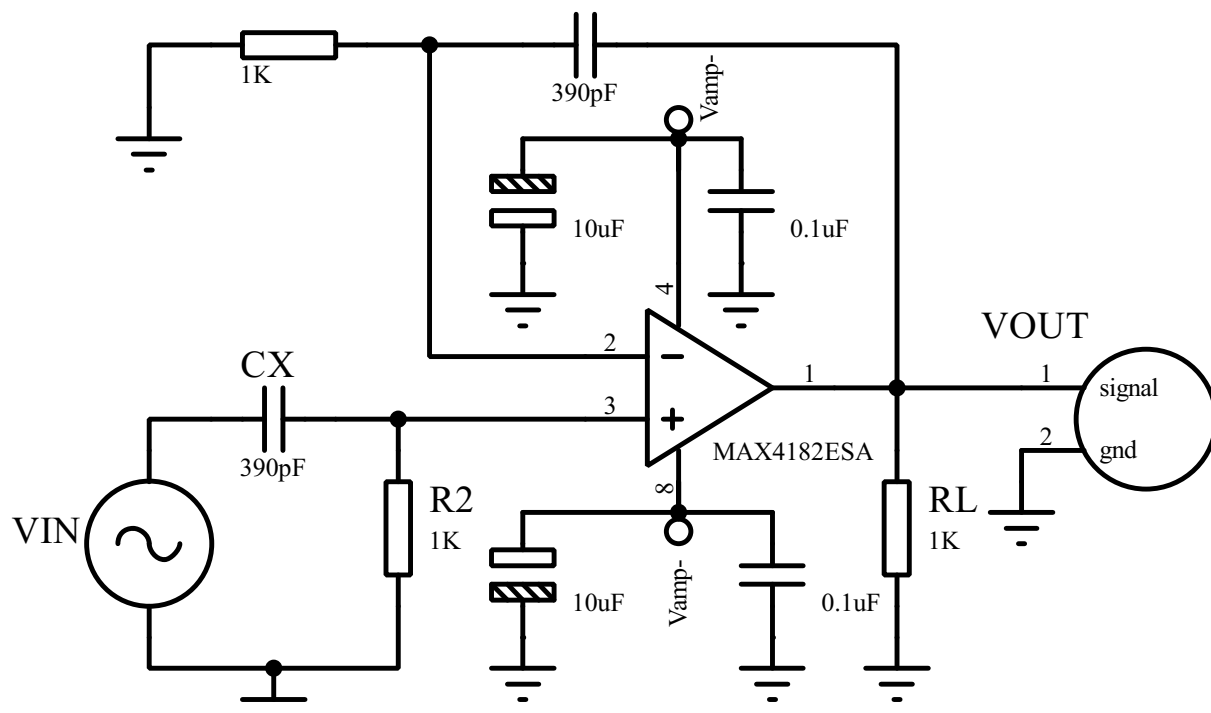


Figure 1. Experimental design of the final circuit used to make the measurements.

Source: Authors

constructed (whose lengths are 15cm and 17cm, respectively); these probes are not going to present reflected waves because the sizes are less than the maximum length wave.

The signal generator used was the **TEKTRONIX** AFG3102 with an uncertainty in sinusoidal signal in frequencies under 5MHz of ± 0.15 dB; however, for frequencies between 5MHz and 25MHz uncertainty is ± 0.3 dB (Tektronix, n.d.). The oscilloscope used was the **TEKTRONIX** DPO7054C, which is capable of eliminating external noise by adjusting the bandwidth with internal signal processing; the bandwidth was adjusted to 20MHz, with losses around the top frequency (i.e. 10 MHz, see Bode diagram). Adding losses in the signal generator and the behavior of coaxial probes made it possible for a real compensation of the circuit to guarantee

a better calculation of the input voltage for the experimental model.

Without correction, the AC entry signal changes its amplitude from 0.98V to 1.03V, while the compensated signal change stays the range 0.99V to 1.01V (Vega, Alzate, 2015). Regarding the resistances, the SMD technology was used due to its accurate response up to 10Ghz (Otto, Bettray, & Solbach, 2009). Three through-hole ceramic capacitors with a nominal value of 390pF were chosen for the test. These capacitors have parallel plate geometry with different dielectric characteristics (permittivity, disruption value, etc.) (Electronics, n.d.; Spacing, 1988; TDK (Mouser electronics), (2016). Likewise, the capacitors C^- y C^+ (Figure 1). were used as bypass capacitors (Maxim Integrated Products, 2001).

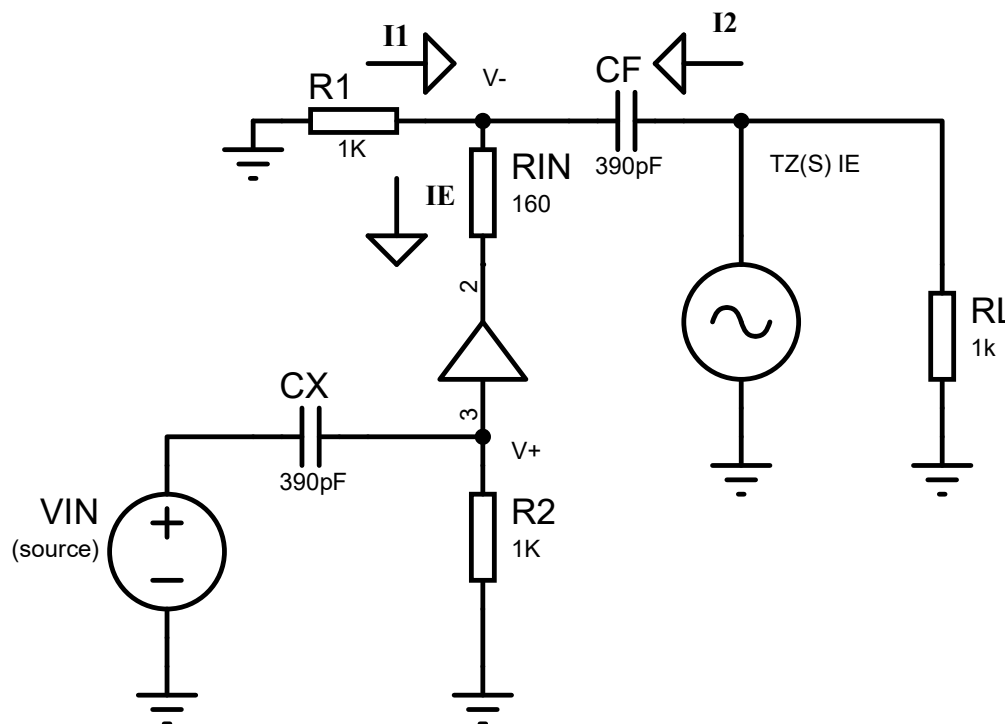


Figure 2. Real model of operational amplifier MAX4182.

Source: Authors.

Two functions were used in order to understand the behavior of the circuit. First, the Laplace Transform to simulate the frequency behavior of the circuit and the values of circuit elements, which guarantee the experimental bandwidth. Second, the complex capacitance C_x was found using the Fourier Transform.

Using Kirchhoff laws, the tension in V^+ node is found to be $V^+ = \frac{SR_2C_x}{1+SR_2C_x} V_{in}$. In V^- node the current is $i_e = i_1 + i_2$, then by comparison $i_e = \frac{V^+ - V^-}{R_{in}} = \frac{V_{out}}{T_z(s)}$ and $V^- = V^+ - \frac{R_{in} \cdot V_{out}}{T_z(s)}$

By replacing: (4)

$$\frac{V_{out}}{T_z(s)} = -\frac{V^-}{R_1} + S C_f (V_{out} - V^-) = \frac{T_z(s) \cdot (1 + S \cdot C_f \cdot R_1)}{R_1 \cdot S \cdot C_f (T_z(s) + R_{in}) + R_{in} - R_1}$$

Now, $T_z(s) = \frac{T_z}{1 + \frac{s}{\omega_c}}$ which is the function that describes the behavior of MAX4182 as frequency response, the magnitude of transimpedance of the operational amplifier, $T_z = 3 \times 10^6 \Omega$ and $\omega_c = 10^6 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ is the cut angular frequency. To have a gain of one, the value $R_{in} = 160 \Omega$ (Maxim Integrated Products, 2001), thus:

(5)

$$\frac{V_{out}}{V^+} = \frac{T_z \cdot (1 + S \cdot C_f \cdot R_1)}{S^2 \left(\frac{R_1 \cdot C_f \cdot R_{in}}{W_c} \right) + S \left(\frac{1}{W_c} (R_{in} - R_1) + R_1 \cdot C_f (T_z + R_{in}) \right) + R_{in} - R_1}$$

Finally, the transfer function of the circuit is:

(6)

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \left(\frac{S \cdot R_2 \cdot C_x}{1 + S \cdot R_2 \cdot C_x} \right) \frac{T_z (1 + S \cdot C_f \cdot R_1)}{S^2 \left(\frac{R_1 \cdot C_f \cdot R_{in}}{W_c} \right) + S \left(\frac{1}{W_c} (R_{in} - R_1) + R_1 \cdot C_f (T_z + R_{in}) \right) + R_{in} - R_1}$$

In contrast, (Debes et al., 2008) only indicates the resulting transfer function with algebraic mistakes, and therefore our transfer function differs from the presented function

in that work. To find the capacitance C_x , it is necessary to use the Fourier Transform, given that C_f is a capacitor class I that can be taken like ideal. First, the tension of V^+ is $V^+ = \frac{j\omega C_x R_2}{j\omega C_x R_2 + 1} V_{in}$ and by replacing the currents and using variable separation:

(7)

$$V_{out} \left(j\omega C_f \left(1 - \frac{R_{in}}{T_z(\omega)} \right) - \frac{1}{T_z(s)} \left(\frac{R_{in}}{R_1} + 1 \right) \right) = V^+ \left(j\omega C_f + \frac{1}{R_1} \right)$$

$T_z(\omega) = \frac{T_z}{1 + \frac{j\omega}{\omega_c}}$ which is the behavior of the circuit in terms of Fourier transform and:

(8)

$$V_{out} \left(\left(\frac{\omega^2}{\omega_c} C_f R_{in} - \frac{R_{in}}{R_1} - 1 \right) + j\omega \left(C_f (T_z - R_{in}) - \frac{1}{\omega_c} \left(\frac{R_{in}}{R_1} + 1 \right) \right) \right) = V^+ \left(\frac{T_z}{R_1} + j\omega C_f T_z \right)$$

Calling two auxiliary functions:

$$A(\omega) = \frac{\omega^2}{\omega_c} C_f R_{in} - \frac{R_{in}}{R_1} - 1 \text{ and } B(\omega) = \omega \left(C_f (T_z - R_{in}) - \frac{1}{\omega_c} \left(\frac{R_{in}}{R_1} + 1 \right) \right)$$

Finally, by algebraic development C_x :

(9)

$$C_x = \frac{V_{out} (A(\omega) + jB(\omega))}{\omega \left(-\omega C_f R_2 T_z V_{in} + jR_2 \left(\frac{V_{in} T_z}{R_1} - V_{out} (A(\omega) + jB(\omega)) \right) \right)}$$

C_x is the complex capacitance that let us determine the complex permittivity of the material under test. Beginning with the Z_{Th} the Thevenin impedance V_{in} in V_{IN} entrance to obtain the impedance value for the coupling of a signal generator $Z_{th}(s) = R_2 || \frac{1}{sC_x} = \frac{R_2}{1 + s \cdot C_x \cdot R_2}$ where $s = 2\pi f$, by taking the frequency cuts 10KHz and 10Mhz , with $R_2 = 10^3 \Omega$ and $C_x = 390 \cdot 10^{-12} \text{f}$, it is

calculated $Z_{th}(s=2\pi \cdot 10^4 \text{Hz})=976,082\Omega$ and $Z_{th}(s=2\pi \cdot 10^7 \text{Hz})=39,21\Omega$.

The operational MAX4182 is optimized to handle little capacitances and impedances of the Z_{th} order.

The Datasheet recommends a resistance load RL of $10^3\Omega$; so, for the resistances R_1 and R_2 we chose a similar resistance with a value of $10^3\Omega$ to assure a coupling between generator-circuit-oscilloscope, with the capacitance range for the circuit goes to $1nF$. The model of circuit has significant characteristics in high frequency.

To determine its correct function, the OrCAD LTI Spice Lite (Sevila, 2001) software was used, which takes into account the real behavior of MAX4182 operation amplifier. By this simulation it is possible to have a logarithmic sweep

in frequency to elaborate a Bode diagram in the Figure 3.

The Bode diagram shows the working range of 10KHz to 10Mhz , region of dipolar polarization phenomena (Patri, 2016). Automatic data acquisition from the circuit was made with the use of instrument Control Toolbox found in MATLAB. (Hernández, Gonzales, & Bueno, 2016).

To obtain the complex permittivity, it is necessary to know the geometrical dimensions of the dielectric inside the capacitor tested. The first instrument used for this work is the microscope MOTIC BA 300pol (Motic, 2003), and the second is the Stereo Microscope ZEISS STEMI 2000-C (Biolock Scientific, 2000) to measure the 5kV (Electronics, n.d.) by size. The meas-

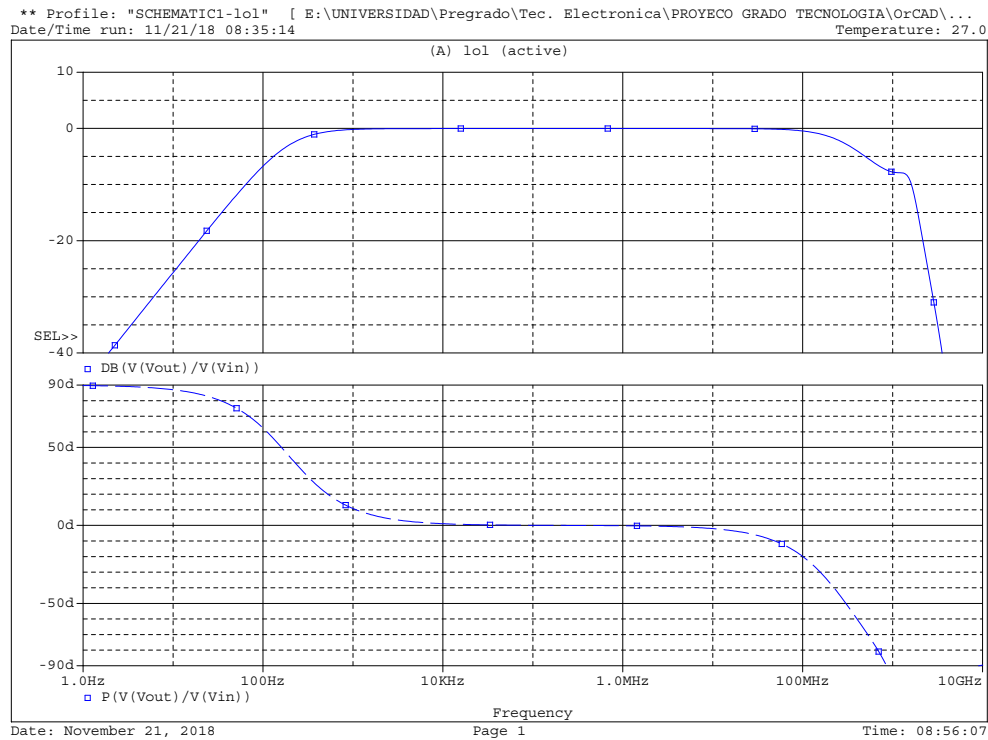


Figure 3. Bode diagram model circuit in OrCAD.

Source: Authors.

urement process starts by taking a digital image on the lens' focus which is analyzed with Adobe Reader software. With the real dimension of focus distance and locating

the capacitor's center in the axis of the lens, there is a direct relationship between the pixel number and the longitude. The measurements are shown in [Table 1](#).

Table 1: Geometrical dimensions of dielectrics from capacitors class II.

Element	Diameter (mm)	Width (mm)
Capacitor 50V	3,52 ± 0,005	0,79± 0,005
Capacitor 2kV	4,48± 0,005	0,73± 0,005
Capacitor 5kV	6,4± 0,05	1,55± 0,005

Source: Authors.

RESULTS

In this section the capacitance curves as frequency function obtained by RLC FLUKE PM6306 bridge and the implemented circuit are analyzed. Besides, in the case of the proposed circuit the complex parts were calculated. Finally, the tangent of losses graphics is shown to determine the quality of capacitors under test. Every measurement has its propagated uncertainty value represented by vertical error bars. The uncertainty of the FLUKE PM6306 was given by its datasheet (FLUKE. (n.d.)), with the uncertainty of the capacitance present in the corresponding frequency stop with $N=20$, for the standard deviation corrected using a T-student test ([Ardila, 2007](#)). The data from the Bridge up 100KHz were used to compare the first measured decade of the implemented circuit with the final data of PM6306 bridge. [Figure 4](#). shows the diminishing of capacitance as a function of frequency, in accordance with EIA 198 standard ([Israelsohn, 2008](#)). The 2kV capacitor shows mayor capacitance decreasing.

The previous data were used to compare the first measured decade of the implemented circuit with the final data of PM6306 bridge. [Figure 5](#). shows the diminishing of capacitance as a function of frequency, in accordance with EIA 198 standard ([Israelsohn, 2008](#)). The 2kV capacitor shows mayor capacitance decreasing. From the concept of tangent losses, it is possible to determine the quality of the capacitors: a better capacitor must evidence lower losses. In [Figure 6](#). the comparison of the three capacitors is shown.

According to the literature ([Murata Manufacturing, 2006](#)), the variation of tangent losses of dielectrics used in class II capacitors is found in the range of 0.05 to 0.15 in a frequency range between 30kHz to 500kHz, which agrees with our test. From frequencies of 1MHz there is an evident grow in tangent losses in the three cases, which is inversely related to the quality factor Q ([Frubing, 2001](#)) and shows that class II capacitors can be used up 1MHz and perform well.

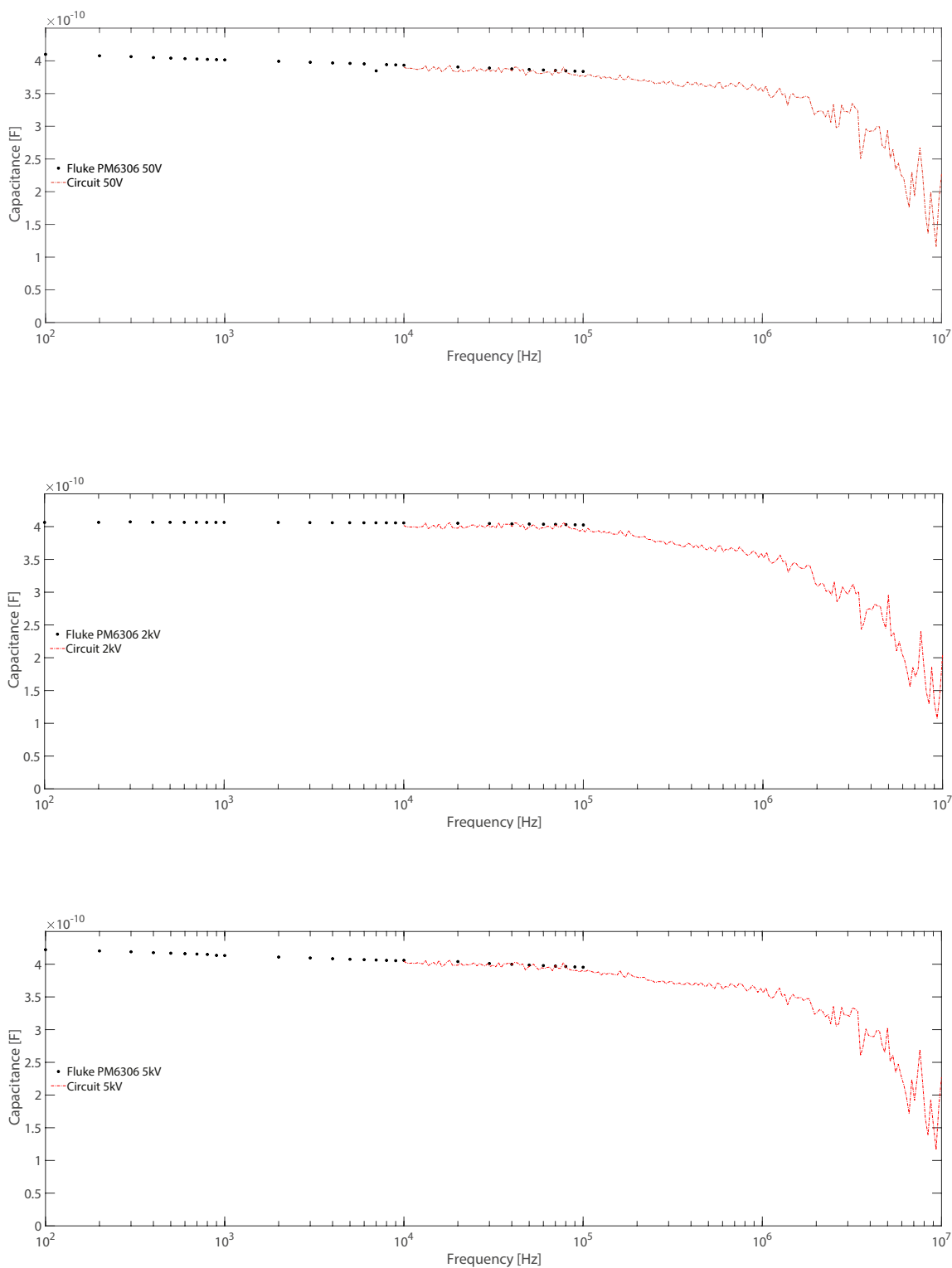


Figure 4. Capacitances as frequency function by FLUKE PM6306 Bridge and proposed electronic circuit.

Source: Authors

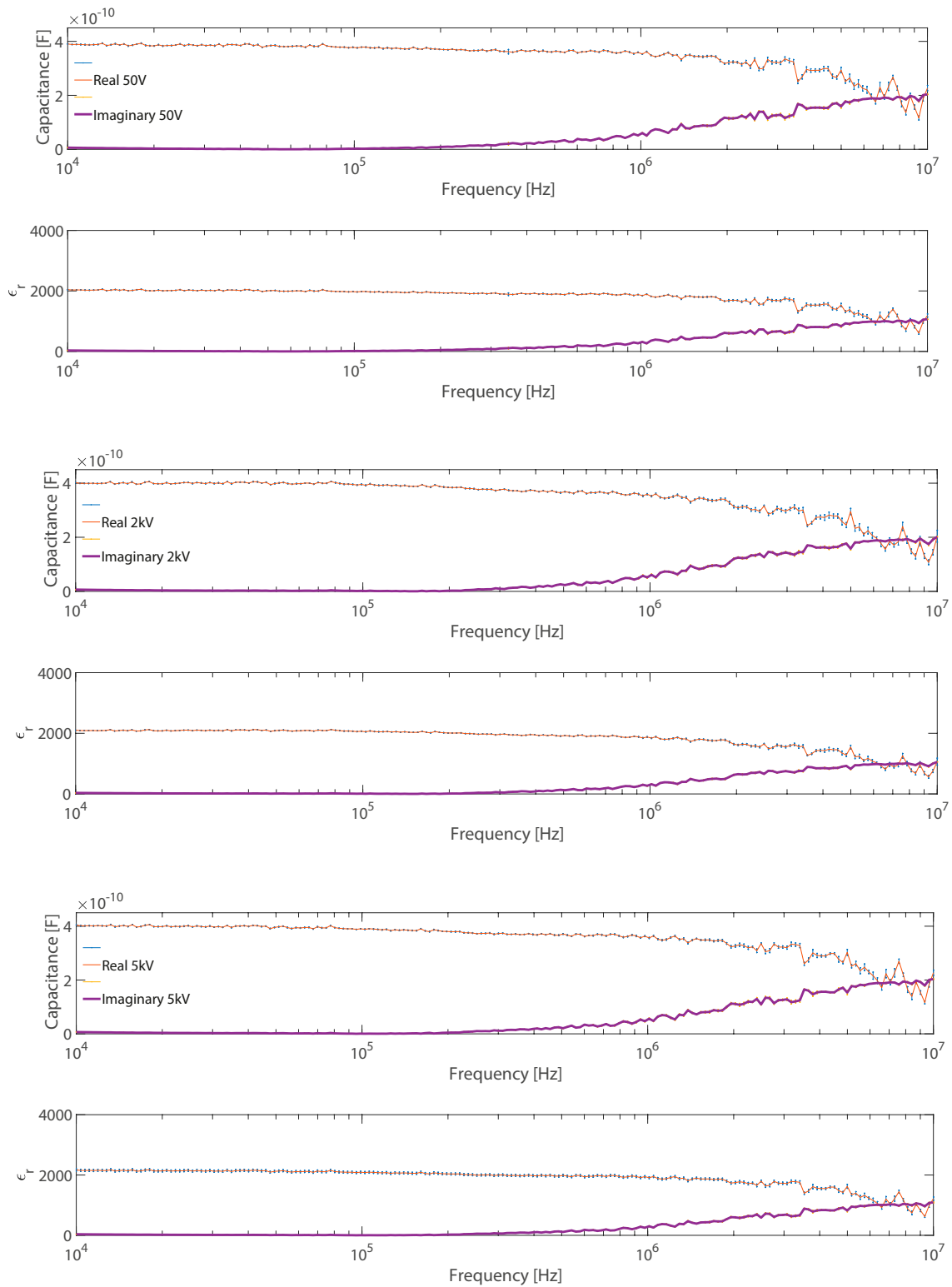


Figure 5. Ceramic capacitor class II. Capacitance and permittivity (Real and Imaginary components).

Source: Authors.

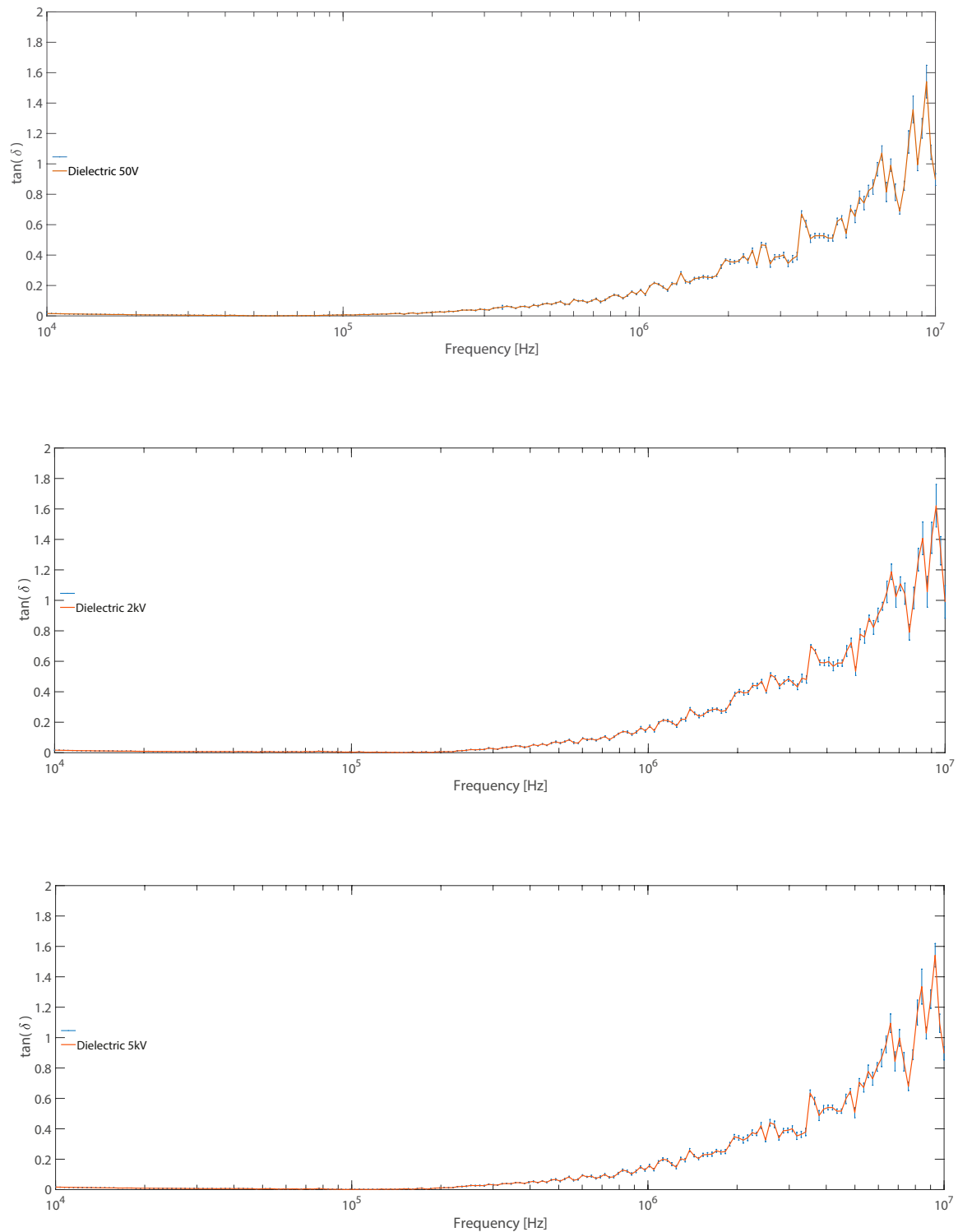


Figure 6. Losses Tangent as a frequency function for three capacitors under test. In order: 50V Capacitor, 2kV Capacitor and 5kV Capacitor.
Source: Authors.

CONCLUSIONS

The FLUKE PM6306 bridge measures the capacitance at low frequencies and complements the data obtained in the implemented circuit, thus achieving a frequency sweep from 100 Hz to 10 MHz that allows seeing the polarization of space and dipolar charges in dielectrics, highlighting the data in the shared frequencies of both methods.

Through the Bode diagram calculated from the transfer function, it is verified that the implemented circuit is stable in the frequency range from 10kHz to 10Mhz. When performing a compensation that guarantees a negligible variation in the amplitude of the input signal, the circuit satisfies the measurement of the complex capacitance and the complex permittivity for a capacitor with low capacitance. In this way, the only parameter expected to change as a function of frequency is the unknown capacitance.

The price of the implemented circuit was 24.8 USD, which is low when compared to the price of the FLUKE bridge PM6306 (around of 2150 USD). Hence, its implementation is recommended for capacitance and dielectric permittivity measurements in a stable frequency range.

The behavior of the real part of the dielectric of class II ceramic capacitors decreases from 3500 to 1000 in the 50V capacitor, from 2100 to 600 in the 2kV capacitor, and from 2100 to 500 in the 5kV capacitor. This occurs due to polarization changes in the dipolar region produced by the electric field applied. At the same time, it increases in the imaginary part, highlighting that the 50V capacitor increases to approximately 2800, the 2kV capacitor to 900, and the

5kV capacitor to 1000 capacitor. This phenomenon physically demonstrates the decrease in dielectric permittivity.

The losses tangent allowed the comparison between the three measured dielectrics, concluding that the dielectric permittivity of the ceramic capacitor of 5KV is the one with the best behavior since at 10 MHz it had a peak of 1.8, while the capacitors of 50 V and 2KV had peaks of 2. The tested Class II ceramic capacitors do not behave properly at frequencies above 1MHz due to the increase in the losses tangent, causing the decrease of the quality factor in the measured elements. Thus, the use of these capacitors in resonant circuits with a higher frequency than this is not recommended.

ACKNOWLEDGEMENTS

First, to God for allowing us to make this scientific contribution to technological knowledge. To the group GICE of the University Francisco José de Caldas, and its director Dr. Danilo Rairán for the opportunity to develop this work in the group's laboratory facilities. Also, to the High Voltage and Thermoelectric Laboratory, and to the Maderas Laboratory, at the University Francisco José de Caldas. We also thank the Department of Geosciences, at the National University of Colombia. To all who gave us their support in all the questions generated during the development of this project.

REFERENCES

Ardila, A. M. (2007). Física Experimental - Colección notas de clase (1st ed.). Bogotá Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

- Belden, I. (2018). Datasheet Belden Wire RG-8. BiologickScientific, F. (2000). Stereo Microscopes Stemi 1000/2000/2000-C. Field guide tomicroscopy. <https://doi.org/10.1117/3.798239.ch43>
- Blaž, N., Radosavljević, G., Živanov, L., & Smetana, W. (2009). Characterisation of dielectric LTCC tapes using the capacitance method. Proceedings of the International Semiconductor Conference, CAS, 2(2), 447–450. <https://doi.org/10.1109/SMICND.2009.5336682>
- Casas Piedrafita, O., & Rossel Ferrer, J. (1998). Contribución a la obtención de imágenes paramétricas en tomografía de impedancia eléctrica para la caracterización de tejidos biológicos.
- Coffey, W., & Kalmykov, Y. . (2006). Fractals , Diffusion and Relaxation in Disordered Complex Systems : Advances in Chemical Physics. <https://doi.org/10.1002/0470037148>
- Deabes, W. A., Abdelrahman, M. A., & Murray, C. (2008). Analysis, design and application of a capacitance measurement circuit with wide operating frequency range. Proceedings of the IEEE International Conference on Control Applications, 114–120. <https://doi.org/10.1109/CCA.2008.4629613>
- Duane A. Felton. (1965). Propiedades dielectricas cerámicas. State University of New York College of Ceramics Aldred University.
- Electronics, I. inc. (n.d.). HIGH VOLTAGE CERAMIC CAPACITORS.
- Frubing, D. P. (2001). Dielectric spectroscopy, (0331), 1–21.
- González, A. F. (2009). Capacitores.
- Hernández Millán, G., Ríos Gonzales, L. H., & Bueno López, M. (2016). Implementación de un controlador de posición y movimiento de un robot móvil diferencial. Tecnura, 20(48), 123-136. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.2.a09>
- Israelsohn, J. (2008). Know your ceramic capacitor, part two, 2.
- Jee, W., Raymond, K., Kumar, C., Chin, G., & Basri, A. (2013). Complex permittivity measurement using capacitance method from 300 kHz to 50 MHz. Measurement, 46(10), 3796–3801. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2013.06.039>
- Marulanda Durango, J. J., Escobar Mejía, A., & Alzate Gómez, L. A. (2017). Estudio comparativo de cinco estrategias de compensación de armónicos en filtros activos de potencia. Tecnura, 21(52), 15-31. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2017.2.a01>
- Massy, P. (2005). Dielectric characteristics of glass fibre reinforced plastics and their components, 32(11), 20–22.
- Maxim Integrated Products. (2001). Current -Feedback Amplifiers with Shutdown o Low Distortion : TOP SINGLE FOR Current-Feedback Amplifiers with Shutdown.
- Motic, M. T. M. (2003). BA300Pol. Polarizing Microscope. International.
- Murata Manufacturing. (2006). Capacitance and Dissipation Factor Measurement of Chip Multilayer Ceramic Capacitors, 19. Retrieved from http://www.murata.com/~media/webrenewal/support/faqs/products/capacitor/mlcc/char/0007/07_capmeasureen.ashx?la=en

- Neri Vela, R. (1999). *Lineas de Transmisión*. Mexico.
- Newfoundland, U. of. (2010). *Logarithmic Graphs*.
- Otto, S., Bettray, A., & Solbach, K. (2009). A Distributed Attenuator for K-Band using Standard SMD Thin-Film Chip Resistors, 2148–2151. <https://doi.org/10.1109/APMC.2009.5385509>
- Patri, S. K. (2016). *Dielectric Materials: Introduction, Research and Applications*, (January 2009).
- Schulz, A. L. (2011). *CAPACITORS: THEORY, TYPES AND APPLICATIONS*. New York: Nova Science Publishers, Inc.
- Sevila, D. E.-E.-U. de. (2001). *Laboratorio de Síntesis de Circuitos- Ingeniería de Telecomunicación- Tercer curso SPICE*.
- Spacing, A. L. (1988). *Disc Ceramic Capacitors General Specifications - Class II General Purpose General Specifications - Class II General Purpose*.
- Strååt, M., Chmutin, I., & Boldizar, A. (2010). Dielectric Properties of Polyethylene Foams at Medium and High Frequencies, 18(1).
- Stuerga, D. (2006). *Microwave – Material Interactions and Dielectric Properties , Key Ingredients for Mastery of Chemical Microwave Processes*.
- TDK (Mouser electronics). (2016). *Disk Type Capacitors with Lead CC45 series*.
- Tektronix. (n.d.). *AFG3000 Series Arbitrary / Function Generators Manual*. Retrieved from www.tektronix.com
- Vega Pérez, C. J., & Alzate Castaño, R. (2015). Control óptimo inverso como alternativa para la regulación de un convertidor DC-DC elevador. *Tecnura*, 19(46), 65-78. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.4.a05>





Técnicas difusas para la evaluación de impactos ambientales en el transporte de hidrocarburos en Colombia

Fuzzy techniques for environmental impact assessment in hydrocarbons transportation in Colombia

Germán Yesid Luque Díaz¹, Laura Cristina Ramírez Salinas²
Mauricio Andrés Ruíz Ochoa³

Fecha de recepción: 20 Septiembre 2019

Fecha de aceptación: 05 de Febrero de 2020

Cómo citar: Luque-Díaz., G.Y., Ramírez-Salinas., L.C., y Ruíz-Ochoa., M.A., (2020). Técnicas difusas para la evaluación de impactos ambientales en el transporte de hidrocarburos en Colombia. *Tecnura*, 24(64). 48-65 <https://doi.org/10.14483/22487638.15762>

RESUMEN

Objetivo: El propósito del trabajo fue aplicar técnicas difusas para que sean usadas como metodologías para reducir la incertidumbre y la subjetividad.

Metodología: Para este artículo, debido a la magnitud de los impactos ambientales, solo se presentan los resultados de aplicar las técnicas difusas sobre la acción susceptible de producir impactos (ASPI) desmonte y descapote, perteneciente a la etapa de construcción del proyecto construcción y operación de la interconexión Caño Limón-Guafitá Cruce Subfluvial Río Arauca. Los resultados fueron validados a través de la metodología de Conesa.

Resultados: Se encontraron diez impactos que afectaron los medios físico, biótico y socioeconómico y cultural; y los componentes geología y geomorfología, suelos, hidrogeología, agua, atmósfera, flora, fauna, y aspectos arqueológicos. Al incorporar los conjuntos de números difusos, estos se agruparon en cuatro grandes categorías: muy posiblemente moderado, con tres impactos; posiblemente severo, con dos impactos; posiblemente moderado, con tres impactos; y poco posiblemente severo, con dos impactos. Con la metodología propuesta, el 40% de ellos resultaron ser severos (poco posiblemente y posiblemente), y el porcentaje restante, moderados (posiblemente y muy posiblemente); mientras que con Conesa no

¹ Ingeniero Ambiental. Independiente. Bucaramanga, Colombia. Contacto: germanluquediaz@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4773-3300>

² Ingeniera Ambiental. Independiente. Bucaramanga, Colombia. Contacto: goritoramirez@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9768-0668>

³ Ingeniero Ambiental, magíster en Ingeniería – Recursos Hidráulicos, doctor en Ingeniería. Docente de las Unidades Tecnológicas de Santander. Bucaramanga, Colombia. Contacto: mrui@correo.uts.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8374-4165>

se presentaron impactos severos, los impactos moderados representaron el 30 %, y en su gran mayoría, fueron valorados como irrelevantes.

Conclusiones: La metodología propuesta resalta las debilidades de la metodología convencional, debido a la poca subjetividad al momento de valorar los impactos, lo cual facilita la toma de decisiones. Por tanto, esta metodología modela con mayor exactitud la interacción proyecto/ambiente ajustada a escenarios más reales.

Financiamiento: Unidades Tecnológicas de Santander.

Palabras clave: evaluación de impacto ambiental; números difusos; técnicas difusas.

ABSTRACT

Objective: The objective of the work was to apply fuzzy techniques to be used as one of these methodologies to reduce uncertainty and subjectivity.

Methodology: For this article, due to the magnitude of the environmental impacts, we only present the results of applying the fuzzy techniques on the action susceptible to produce impacts (ASPI) "clearing and stripping", belonging to the construction stage of the Project Construction and Operation of the interconnection Caño Limón-Guafita Crossing Sub-River Arauca. The results were validated using Conesa's methodology.

Results: Ten impacts were found that affected the physical, biotic and socioeconomic and cultural environments; and the components geology and geomorphology, soils, hydrogeology, water, atmosphere, flora, fauna, and archaeological aspects. By incorporating the fuzzy sets numbers, they are grouped into four broad categories: very possibly moderate with 3 impacts; possibly severe with 2 impacts; possibly moderate with 3 impacts; and little possibly severe with 2 impacts. With the proposed methodology, 40% turned out to be severe (little possibly and possibly), and the remaining percentage, moderate (possibly and very possibly); while with Conesa there are no severe impacts, moderate impacts represented 30%, and the great majority were valued as irrelevant.

Conclusions: The proposed methodology highlights the weaknesses of conventional methodology, due to the lack of subjectivity when assessing impacts, which facilitates decision-making. Therefore, this methodology models more accurately the project-environment interaction adjusted to more real-life scenarios.

Financing: Unidades Tecnológicas de Santander.

Keywords: environmental impact assessment; fuzzy numbers; fuzzy arithmetic.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el sector petrolero ha perdido fuerza por su bajo costo en el mercado, pero es innegable que este constituye hoy en día uno de los principales elementos del PIB de Colombia, y su uso lo convierte en una fuente de energía importante (Corficolombiana, 2018; Malagón, Montoya y Ruiz, 2016).

No obstante, esta industria es una de las que más genera impactos ambientales en la biodiversidad a nivel global y local (Avellaneda, 1990; Bravo, 2005; Correa, Marulanda y Panesso, 2016; Parada et al., 2016; Rojas, Duacura y Moreno, 2015). Asimismo, el transporte de crudo, aunque se encuentra fiscalizado desde los nodos de entrada hasta los nodos de salida incluyendo, entre otros, la tubería, las unidades de bombeo,

las estaciones de medición, los sistemas de control y los tanques que se usan para la operación del sistema de transporte, también generan perturbaciones sobre el ambiente (Avellaneda, 1990; Collazos, Esquivel y Paz, 2019; Guerrero, 2018).

La evaluación de impacto ambiental (EIA), como herramienta para identificar tipo, magnitud y cambios potenciales causados sobre el ambiente por las actividades de los proyectos (Bailey, 1997; Toro, Requena y Zamorano, 2010), solo tomó importancia después de la Conferencia de Estocolmo en 1972, a través de la Ley Nacional de Política Ambiental (NEPA, por su sigla en inglés) (Bear, 2003; Luther, 2008), lo cual se consolidó con la creación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (Naciones Unidas, 2012). El objetivo de la EIA fue crear conciencia mundial acerca de los problemas ambientales generados por las grandes obras de ingeniería que se estaban desarrollando en Estados Unidos (Bailey, 1997; Luther, 2008; Naciones Unidas, 2012; Toro, Requena y Zamorano, 2010).

Actualmente, la EIA se considera un proceso que busca de manera anticipada prevenir/mitigar los impactos negativos derivados de las actividades del proyecto, de tal forma que se puedan implementar medidas de control para beneficio del ambiente (Marchevsky, Giubergia y Ponce, 2018; Toro, Requena y Zamorano, 2010; Toro, Duarte, Requena y Zamorano, 2012; Toro, Martínez y Arrieta, 2013). En Colombia las metodologías de EIA aplicadas, de manera general y crítica, se presentan en Toro, Requena y Zamorano (2010); Toro, Duarte, Requena y Zamorano (2012), y Toro, Martínez y Arrieta (2013); para proyectos de infraestructura, en Viloría, Cadavid y Awad (2018); mientras que para el sector

de hidrocarburos, se tienen Lozano (2014) y Guerrero (2018), y en todas se evidencia el grado de subjetividad asociado a la valoración de los impactos.

Frente a lo anterior, Luque y Ramírez (2016), con énfasis en el transporte y conducción de hidrocarburos, mencionan que en la realización de la EIA independientemente del método se presentan dos dificultades inherentes a la naturaleza de dichas evaluaciones, las cuales están relacionadas con: a) la forma en que el proyecto repercutirá sobre el entorno, dado que la EIA es una predicción y, por tanto, tiene una incertidumbre asociada, y b) el entorno es muy complejo y no se puede describir con un único modelo. Además, aunque cada factor ambiental puede ser analizado por separado, estos son muy diferentes entre sí, y lo más complejo es poder agregar la información parcial de cada uno de ellos, con el fin de obtener un análisis global del entorno (Duarte, 2000; Duarte, Requena y Rosario, 2007; Morrillas, 2006; Villareal y Arango, 2014).

Esta situación se acentúa aún más si, como es usual, la evaluación de cada factor se lleva a cabo por un experto (o un grupo de expertos) diferente (Morrillas, 2006; Toro, Requena y Zamorano, 2010; Toro, Duarte, Requena y Zamorano, 2012; Toro, Martínez y Arrieta, 2013; Viloría, Cadavid y Awad, 2018). A su vez, algunas de las variables involucradas en la EIA son de tipo numérico (cuantitativo), mientras que otras son de tipo lingüístico (cualitativo). En este contexto Luque y Ramírez (2016) argumentan que las variables empleadas en las EIA se refieren a conceptos sin fundamentos teóricos, los cuales se realizan a partir de variables lingüísticas (Zadeh, 1975; Morrillas, 2006). Por ejemplo, el valor que se le da a la importancia de un impacto se ajusta

a criterios de irrelevante, moderado, severo o crítico, que corresponden a simples etiquetas semánticas. Casi que obliga a modelar el entorno como un conjunto de factores ambientales que sean relevantes, representativos y fácilmente analizables. Así, se requiere un modelo matemático que combine ambos tipos de variables de forma coherente, y disminuya la subjetividad (Duarte, Requena y Rosario, 2007; Dutta, Boruah y Ali, 2011; Villareal y Arango, 2014).

Para disminuir la subjetividad existen las técnicas difusas que son una metodología precisa, que evidencian de manera más real cómo influirán sobre el entorno las actividades del proyecto, una vez se realicen. Estas emplean el cálculo de un índice de importancia para diferenciar una clasificación por intervalos (Duarte, 2000; Luque y Ramírez, 2016; Morrillas, 2006). Por ejemplo, si al calcular la importancia de dos impactos, resulta que para uno es 49 y para el otro es 50, al momento de decidir se tendría una dualidad planteada en el siguiente interrogante: ¿Es tal la diferencia entre un impacto y otro como para clasificar al primero como moderado y el segundo como severo?, es decir, la incertidumbre estaría presente.

Para responder a lo anterior, las técnicas difusas a partir de las variables lingüísticas (Zadeh, 1975; Morrillas, 2006) definen rangos de clasificación de los impactos representados por conjuntos difusos, dentro de los cuales se incluyen los números difusos (Dutta, Boruah y Ali, 2011; Villareal y Arango, 2014), los cuales permiten modelar adecuadamente los valores numéricos en los que exista dicha incertidumbre (Dutta, Boruah y Ali, 2011), lo que permite tomar medidas correctivas más ajustadas a la realidad del proyecto. A su vez, tal como lo men-

ciona Duarte (2000), la EIA mediante técnicas difusas se basa en las metodologías convencionales, por lo que se considera una extensión de estas.

En este trabajo se propone una metodología cuantitativa de EIA para el transporte de hidrocarburos en Colombia, con el fin de ayudar en la toma de decisiones frente al desarrollo de las actividades de los proyectos.

METODOLOGÍA

Métodos

Se propone una metodología para evaluar los impactos producidos por el transporte de hidrocarburos en Colombia, la cual se ajusta a los términos de referencia y a la normatividad vigente. La información para el trabajo fue suministrada por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

Se tomó como base el trabajo de pregrado de Luque y Ramírez (2016), y como caso práctico de aplicación para este artículo, se seleccionó la acción susceptible de producir impactos (ASPI), desmonte y descapote, pertenecientes al Proyecto de Construcción y Operación de la Interconexión Caño Limón-Guafita Cruce Subfluvial Río Arauca. Se escogió esta ASPI porque es una actividad que representa la remoción de la capa superficial del terreno con medios mecánicos, lo cual afecta la dinámica del ciclo hidrológico (Poveda y Mesa, 1995) en los diferentes ecosistemas.

La identificación de los impactos ambientales para el ASPI seleccionado se realizó mediante el diagrama de procesos y el método matricial, ambos basados en la secuencia entrada/proceso/salida/impacto, tal como lo describe Arboleda (2008).

Se aplicó la metodología de EIA basada en técnicas difusas y sus resultados se validaron con los obtenidos con la metodología de Conesa aplicada por los expertos del proyecto en mención.

Técnicas difusas para la valoración del impacto

Para evaluar los impactos mediante el método de técnicas difusas se siguieron los pasos dados por Duarte (2000) y Duarte, Requena y Rosario (2007), donde las palabras de entrada corresponden a los criterios a evaluar; a estos se les dio una interpretación numérica difusa, lo cual permitió transformarlos en conjuntos difusos de entrada. Para cada criterio se asignó un peso que se encuentra establecido por la metodología de Conesa (tabla 1).

Este se ajustó de acuerdo con la metodología propuesta, para una función de razonamiento aproximado (*fra*) mediante la ecuación (1).

(1)

$$fra: y = \sum_{i=1}^n f_i w_i g_i(x_i) + \sum_{i=1}^n (1 - f_i) w_i g_i(1 - x_i)$$

Para la cual, si la salida (y) es monótonamente creciente a la entrada i , es porque se dio un valor $f_i = 1$; si, por el contrario, la salida (y) es monótonamente decreciente a la entrada i , se obtiene un valor $f_i = 0$. La variable w_i es el peso asociado a la entrada i , la suma de todos los pesos de entrada debe ser 1. La función $g_i(x_i)$ asignada fue $g_i(x_i) = [(x_i)]^{\theta_i}$; donde θ_i es un exponente seleccionado de acuerdo con las necesidades de la evaluación, para valores de $\theta_i > 1$ permiten subvalorar los valores bajos de x_i , y para valores de $\theta_i < 1$ permiten sobrevalorar los valores bajos de x_i . Se escogió por defecto un valor de $\theta_i = 2$.

Tabla 1: Criterios a evaluar por parte de la metodología propuesta y conjuntos difusos de entrada

Criterios	Escala de valoración	Descripción	Peso	Conjuntos difusos
Naturaleza (NA)	Positivo (+)	Carácter del impacto resultado de la acción sobre el factor ambiental.	NA	NA
	Negativo (-)			
Extensión (EX)	Puntual (Pt)	Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto en que se sitúa el factor.	2/15	[0,00 0,00 0,14 0,29]
	Parcial (Pr)			[0,14 0,29 0,43 0,57]
	Extenso (Ext)			[0,43 0,57 0,71 0,86]
	Total (T)			[0,71 0,86 1,00 1,00]
Extensión crítica (EC)	Extensión crítica	Cuando el efecto sea puntual o no, se produzca en un lugar crucial o crítico, será un impacto de ubicación crítica aumentando el grado de incidencia de la extensión.	1/15	[0,00 0,00 1,00 1,00]
Persistencia (PE)	Fugaz (Fz)	Tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales.	1/15	[0,00 0,00 0,02 0,05]
	Temporal (Tm)			[0,02 0,05 0,29 0,37]
	Persistente (Ps)			[0,29 0,37 0,46 0,54]
	Permanente (Pm).			[0,46 0,54 1,00 1,00]

Sinergismo (SI)	Simple (Sm)	Acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales.	1/15	[0,00 0,00 0,20 0,40]
	Sinérgico (Sn)			[0,20 0,40 0,60 0,80]
	Muy sinérgico (Ms)			[0,60 0,80 1,00 1,00]
Efecto (EF)	Indirecto (Id)	Efecto sobre una variable como consecuencia de una actividad.	1/15	[0,00 0,00 0,33 0,66]
	Directo (Di)			[0,33 0,66 1,00 ,00]
Recuperabilidad (RP)	Corto plazo (Cp)	Tiempo durante el cual el factor ambiental alterado pueda retornar, sin la intervención humana, a sus condiciones originales.	1/15	[0,00 0,00 0,02 0,05]
	Mediano plazo (Mp)			[0,02 0,05 0,29 0,37]
	Mitigable (Mi)			[0,29 0,37 0,46 0,54]
	Irrecuperable (Ir)			[0,46 0,54 1,00 1,00]
Intensidad (IN)	Baja (Bj)	Grado de incidencia de la actividad sobre un factor determinado en el ámbito específico en el que actúa.	3/15	[0,00 0,00 0,14 0,29]
	Media (Md)			[0,14 0,29 0,43 0,57]
	Alta (Al)			[0,43 0,57 0,71 0,86]
	Muy alta (Ma).			[0,71 0,86 1,00 1,00]
Momento (MO)	Corto plazo (Cp)	Tiempo entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor ambiental.	1/15	[0,00 0,00 0,03 0,05]
	Mediano plazo (Mp)			[0,03 0,05 0,31 0,49]
	Largo plazo (Lp)			[0,31 0,49 1,00 1,00]
Momento crítico (MC)	Momento crítico.	Cuando alguna circunstancia haga crítico el plazo de manifestación del impacto este aumentará el grado de incidencia del momento.	1/15	[0,00 0,00 1,00 1,00]
Reversibilidad (RV)	Corto plazo (Cp)	Posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales.	1/15	[0,00 0,00 0,02 0,05]
	Mediano plazo (Mp)			[0,02 0,05 0,29 0,37]
	Largo plazo (Lp)			[0,29 0,37 0,46 0,54]
	Irreversible (Ir)			[0,46 0,54 1,00 1,00]
Acumulación (AC)	Simple (Sm)	Alteración progresiva sobre la variable evaluada.	1/15	[0,00 0,00 0,33 0,66]
	Acumulativo (Ac)			[0,33 0,66 1,00 1,00]
Periodicidad (PR)	Continua (Cn)	Manifestación en el tiempo del efecto, bien sea de manera continua, discontinua, o irregular.	1/15	[0,00 0,00 0,20 0,40]
	Periódica (Pd)			[0,20 0,40 0,60 0,80]
	Irregular (Ir)			[0,60 0,80 1,00 1,00]
Importancia (IM)		Critico (Cr)		[-1,00 -1,00 -0,84-,69]
		Severo (Se)		[-0,84 -0,69 -0,530,38]
		Moderado (Md)		[-0,53 -0,38 -0,23 -0,07]
		Irrelevante (Ir) / Poco importante (Pi)		[-0,23 -0,07 0,07 0,23]
		Importante (Im)		[0,07 0,23 0,38 0,53]
		Muy importante (Mi)		[0,38 0,53 0,69 0,86]
		Significativo (Sg)		[0,69 0,84 1,00 1,00]

Fuente: [Luque y Ramírez \(2016\)](#).

Las técnicas difusas consisten en la representación de indicadores y variables por medio de números difusos, los cuales no poseen una estructura algebraica de grupo ([Duarte 2000](#); [Duarte, Requena y](#)

[Rosario, 2007](#); [Dutta, Boruah y Ali, 2011](#)). Sin embargo, se estableció un principio de extensión mediante el cual se modificaron las funciones del modelo para operar con aritmética difusa ([Villareal y Arango, 2014](#)).

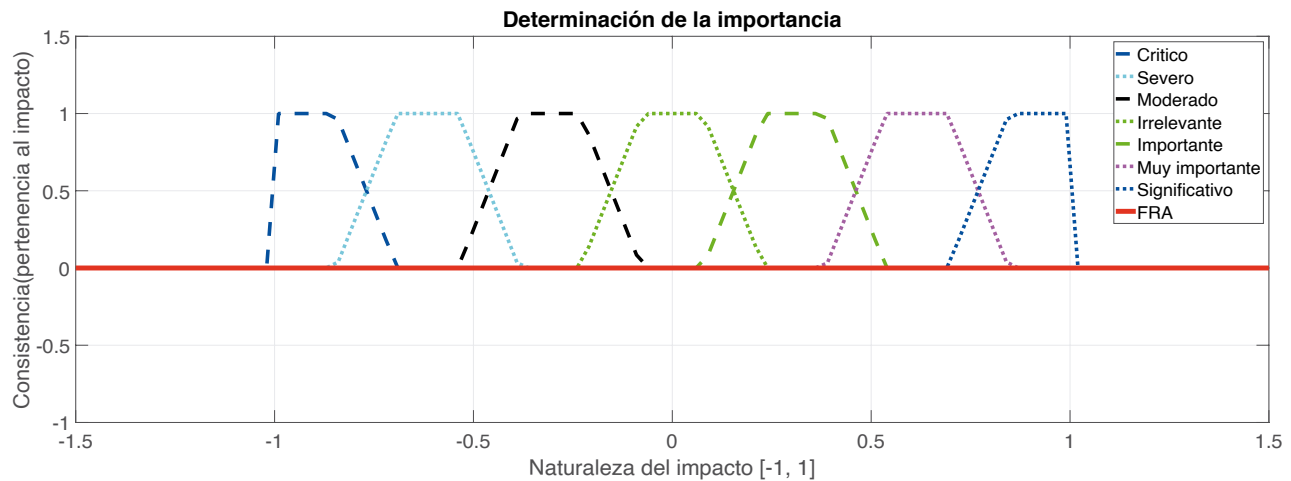


Figura 1. Ejemplo de ejecución Guide (MATLAB)

Fuente: Luque y Ramírez (2016).

Se usó una función *fra*, programada en MATLAB (figura 1), para obtener en la salida un número difuso que representará la intensidad de la importancia de cada impacto sobre determinado factor ambiental.

RESULTADOS

Identificación de impactos

En general, Luque y Ramírez (2016) para todo el proyecto identificaron 73 impactos distribuidos en cuatro etapas del proyecto, así: preconstrucción, un impacto asociado al componente dimensión económica; construcción, 67 impactos distribuidos en los componentes, geología y geomorfología, suelo, hidrología, calidad del agua, uso del agua, hidrogeología, geotecnia, paisaje, calidad del aire, ruido, fauna, flora, dimensión económica y dimensión político-organizativa; operación, 3 impactos para los componentes dimensión económica y dimensión político-organizativa; y

abandono técnico, 2 impactos en la dimensión económica.

Como caso práctico de aplicación de la metodología propuesta, en este artículo solo se presentan los impactos asociados al ASPI, desmonte y descapote de la etapa de construcción (tabla 2). Se encontraron 10 impactos que afectaron los medios físico, biótico y socioeconómico y cultural; y los componentes geología y geomorfología, suelos, hidrogeología, agua, atmósfera, flora, fauna y aspectos arqueológicos.

Metodología de EIA propuesta

El peso ponderado de cada criterio fue el establecido por la metodología de Coneisa (tabla 1), este se ajustó a la *fra*, la cual es un número difuso trapezoidal definido para el intervalo $[0, 1]$. Lo anterior, permitió definir con precisión la pertenencia o no, de un elemento al subconjunto de entrada (Duarte, Requena y Rosario, 2007; Dutta, Boruah y Ali, 2011). Los

Tabla 2. Impactos ambientales asociados al ASPI, desmonte y descapote.

Etapas	ASPI	Medio	Componente ambiental	Impacto ambiental	ID del impacto	
Construcción	Desmonte y descapote	Físico	Geología y geomorfología	Deterioro de las formas del terreno.	DFT	
			Suelos	Deterioro en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.	DPF	
			Hidrogeología	Disminución en el volumen de agua a infiltrarse.	DVA	
			Agua	Deterioro de la propiedades físicas, químicas y microbiológicas de las aguas.	DPFa	
			Atmósfera	Deterioro de la calidad del aire.	DCA	
				Aumento de los niveles de presión sonora.	ANP	
				Flora	Pérdida de cobertura.	PCO
			Biótico	Fauna	Disminución de las poblaciones de fauna silvestre.	DPF
					Pérdida de hábitat para fauna terrestre.	PHF
			Socioeconómico y cultural	Aspectos arqueológicos	Pérdida del patrimonio arqueológico.	PPA

Fuente: Luque y Ramírez (2016).

números difusos trapezoidales fueron definidos como $T:(a_1, a_2, a_3, a_4)$, donde se debía cumplir que $T:(a_1 > a_2 > a_3 > a_4)$, lo cual era una condición necesaria para poder operar aplicando aritmética difusa por el método de los α -cortes (Dutta, Boruah y Ali, 2011).

Teniendo en cuenta lo mencionado por Duarte, Requena y Rosario (2007) y Dutta, Boruah y Ali (2011), los números difusos fueron definidos para los números trapezoidales de la forma $T:[a_1 + (a_2 - a_1)\alpha, a_4 - (a_4 - a_3)\alpha] \forall \alpha \in [0, 1]$, donde α representa el corte con el eje y. Los α -corte permitieron modelar por medio de dos puntos el comportamiento de la gráfica en el rango $[0, 1]$.

Una vez se estableció la naturaleza del impacto, la importancia difusa se evaluó sobre el intervalo $[-1, 1]$. Es de resaltar que para el criterio MO, se encontró que la importancia del impacto es monótonamente decreciente, es decir, a medida que el momento crece la importancia del impacto disminuye. Esto fue tenido en cuenta para interpretar su probabilidad de pertenencia o no, al conjunto de importancia difusa (crítico, severo, moderado, irrelevante, poco importante, importante y muy importante); esto igualmente se asoció a las etiquetas muy posiblemente, posiblemente y poco posiblemente. En la tabla 3 se presenta la aproximación lingüística dada a cada impacto y la importancia difusa obtenida.

Para la aplicación de la técnica se requirieron variables de entrada (tabla 3), que son conjuntos (criterios para la evaluación del impacto) constituidos por subconjuntos definidos de forma más precisa. Estos subconjuntos de entrada fueron definidos como números difusos trapezoidales de dos tipos, cualitativos o cuantitativos, como lo

expresan Duarte (2000) y Duarte, Requena y Rosario (2007).

Para los conjuntos difusos de entrada tipo cualitativos, la construcción de los conjuntos difusos se realizó según Duarte (2000), quien propuso que el universo de discurso debía distribuirse de forma equitativa para cada una de las variables (tabla 4).

Para el caso de las variables cuantitativas Duarte (2000) propuso que cuando se tengan puntos de cruce entre números difusos, se debe tomar el 25 % de los datos del dominio sobre el universo de discurso para el menor subconjunto, el cual se adiciona y se resta al límite entre los subconjuntos para conformar la diferencia entre soporte y núcleo, con esto se estableció un equivalente a los datos más representativos de la etiqueta, a excepción del primer y último número difuso que no presenta una diferencia entre núcleo y soporte para el lado izquierdo y para el lado derecho del número, respectivamente. Por otra parte, para los criterios MO, PE, RV y RP, al estar definidos en una escala de tiempo se pudieron expresar directamente bajo números difusos que representarían dichas escalas.

Para el caso del MO, este se construyó teniendo en cuenta las escalas de valoración definidas en la tabla 1, tomando como un límite superior los 25 años. Sin embargo, cualquier valor después de los 10 años fue representado con la etiqueta a largo plazo, pero se escogió un valor mucho mayor al dominio de a mediano plazo para que al representarlo como un número difuso más grande exprese el cambio en el tiempo con respecto a los demás subconjuntos del criterio.

Tabla 4. Construcción de conjuntos difusos para variables de tipo cualitativas

CONSTRUCCIÓN NÚMEROS DIFUSOS TRAPEZOIDALES	
CD _i = (a ₁ , a ₂ , a ₃ , a ₄), i = 1, 2, 3, 4, 5... p	
Siendo p el número de etiquetas por conjunto	
$a_i = \begin{cases} 0; i=1 \\ (2i-3)\Delta; i \neq 1 \end{cases}$	$b_i = \begin{cases} 0; i=1 \\ (2i-2)\Delta; i \neq 1 \end{cases}$
$c_i = \begin{cases} (2i-1)\Delta; i \neq p \\ 1; i=p \end{cases}$	$d_i = \begin{cases} (2i)\Delta; i \neq p \\ 1; i=p \end{cases}$
$\Delta = \frac{1}{2p-1}$	

Fuente: Luque y Ramírez (2016).

Una vez hecho lo anterior, se procedió a llevar los años a una escala de [0 - 1], lo cual permitió tener una mayor fiabilidad a la hora de realizar las operaciones entre los demás criterios definidos sobre el mismo universo de discurso (tabla 5).

Luego en la construcción de los conjuntos difusos se definieron los α -cortes, y de esta manera se consiguió que los puntos de cruce o el punto superior de la intersección entre los subconjuntos difusos fueran 0,5. A su vez, se tuvo en cuenta que el 25 % de los datos de la etiqueta a corto plazo, que es la más pequeña en comparación a la etiqueta a mediano plazo, están representados por el valor 0,01, el cual se restó y se adhirió según la necesidad del subconjunto.

Para la etiqueta a mediano plazo y a largo plazo el menor rango de intervalo se dio en a mediano plazo, y el 25 % equivale a 0,09.

Para el primer número trapezoidal [0,00,00,03 0,05] correspondiente al subconjunto a corto plazo los α -cortes se definieron como $(0, (0,05-0,02\alpha))$, en donde un $\alpha=0,5$ representa un intervalo de $(0, (0,04))$ evidenciando que su punto de cruce con el subconjunto a mediano plazo es al año uno (tabla 5).

De igual manera, al definir el α -cortes para el subconjunto a mediano plazo se obtiene $((0,03 + 0,02\alpha, (0,49 - 0,18\alpha))$, en donde un $\alpha=0,5$ define el intervalo $((0,04), (0,4))$ evidenciando que los puntos de cruce con los subconjuntos a corto plazo y a largo plazo son en 1 y 10 años, respectivamente (tabla 1). Una mejor forma de observar estos datos para el criterio MO se muestran en la figura 2, cuyos rangos en años corresponden a:

- A corto plazo: [0,0 0,0 0,75 1,25].
- A mediano plazo: [0,75 1,25 6,5 13,5].
- A largo plazo: [6,5 13,5 1,0 1,0].

Por su parte, los conjuntos difusos para los criterios PE, RV y RP fueron creados de la misma forma, pero en este caso el límite superior se fijó en 30 años. Así, la construcción de los subconjuntos difusos asociados a los criterios de evaluación, en donde para cada etiqueta se representa por un número difuso trapezoidal se presentan en la tabla 1.

Finalmente, en términos de aplicar la metodología propuesta, se calculó la importancia difusa y se tomaron como

Tabla 5. Rangos y escala de [0,1] para las etiquetas a corto, mediano y largo plazo del criterio MO

Etiquetas	Rangos	Escala de [0,1]
A corto plazo	0 años $\geq x \leq$ 1 año	$0 \leq$ años $x \leq$ 0,04 años
A mediano plazo	1 año $< x \leq$ 10 años	0,04 años $< x \leq$ 0,4 años
A largo plazo	10 años $< x \leq$ 25 años	0,4 años $< x \leq$ 1 año

datos de partida la valoración de los criterios para los impactos generados por el proyecto.

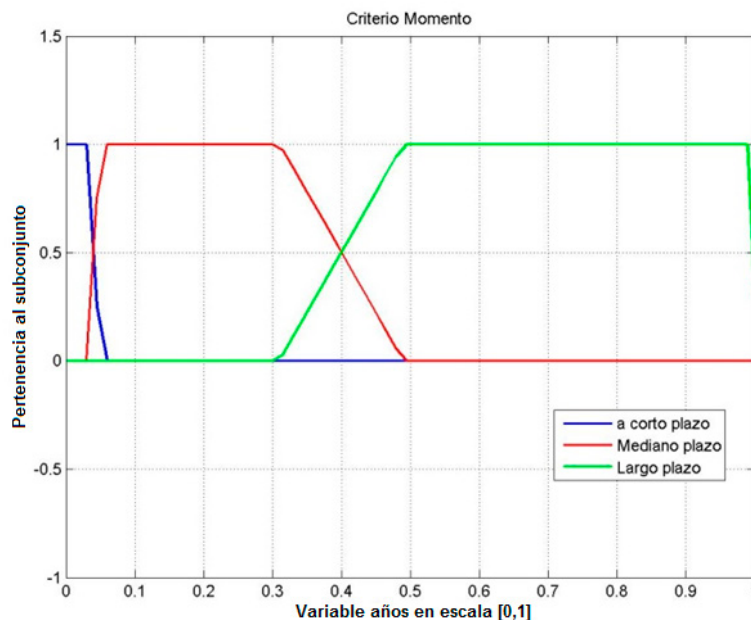
Donde la importancia de una acción (A_j) sobre un factor (F_i) se determinó mediante el cálculo del valor de la consistencia ($cons$) entre el número difuso de la variable de salida de la fra, y la función de pertenencia de las variables definidas para el cálculo de la importancia (tabla 1). De este modo, la consistencia para dos funciones ($\mu_x(u)$ y ($\mu_y(u)$), según Duarte (2000), se presenta en la ecuación (2):

La consistencia entre el conjunto difuso resultante del fra y cada una de las etiquetas de

$$cons(x, y) = \sup_{u \in U} (\min(\mu_x(u), \mu_y(u))) \quad (2)$$

la variable de salida se interpretó como una medida de la posibilidad de que el resultado del fra tenga el significado semántico de la etiqueta lingüística correspondiente. Este valor numérico se clasificó en los siguientes intervalos:

- Si es mayor que 0,6666 es muy posiblemente.
- Si está entre 0,3333 y 0,6666 es posiblemente.
- Si es menor que 0,3333 es poco posiblemente.

**Figura 2.** Ejemplo de la construcción del conjunto difuso para la variable momento

Fuente: Luque y Ramírez (2016).

- Si es igual a 0 no se califica la salida con la etiqueta.

Para evitar la entrada de la subjetividad nuevamente al momento de establecer la verdadera importancia del impacto, se escogió el valor de pertenencia que se encontraba más cerca del mayor criterio según la naturaleza del impacto; es decir, si la naturaleza era negativa, se escogía el criterio con algún grado de pertenencia más cercano a crítico, y si era de naturaleza positiva, el criterio con algún grado de pertenencia más cercano a significativo y se calificó su grado de pertenencia al criterio (figura 3).

En la tabla 6. se presentan los resultados de la valoración difusa del impacto en función de la importancia. Se encontró que estos, al incorporar los conjuntos difusos, se agrupaban en cuatro grandes categorías: muy posiblemente moderado,

con 3 impactos; posiblemente severo, con 2 impactos; posiblemente moderado, con 3 impactos; y poco posiblemente severo, con 2 impactos.

Validación de la EIA propuesta

En la validación de las metodologías (Conesa vs. método de técnicas difusas) se debe partir de las categorías de valoración. Por ejemplo, la metodología convencional, si al calcular la importancia, esta se encuentra entre $-25 \leq I \leq -50$, ubica los impactos en la categoría moderada, a pesar de estar al límite de la categoría severo ($-50 < I \leq -75$), es decir, se encuentra excluido totalmente al no cumplir las reglas de pertenencia; mientras que la metodología difusa propuesta indica un grado de pertenencia entre el rango de $[0, 1]$, lo cual hace que este sea catalogado como un impacto

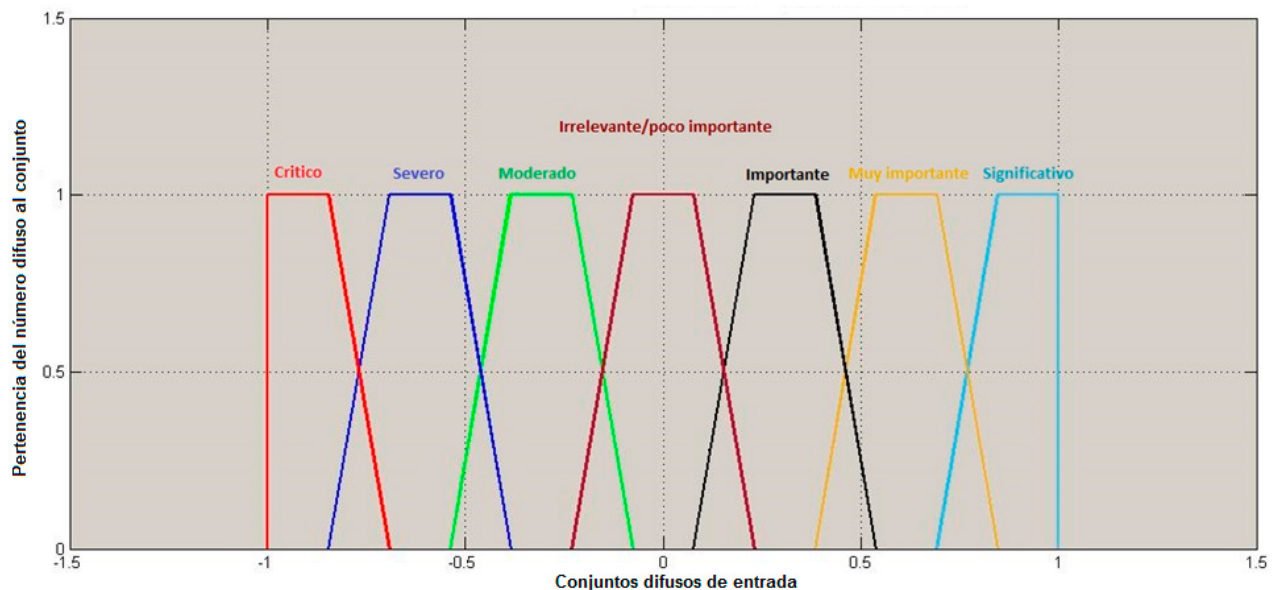


Figura 3. Importancia difusa de acuerdo con la metodología aplicada

Fuente: Luque y Ramírez (2016)

severo. Esta situación es fundamental para disminuir la subjetividad.

Otro aspecto importante es que con los resultados de la metodología propuesta (tabla 6), de los 10 impactos evaluados

40% de ellos resultaron ser severos (poco posiblemente y posiblemente), y el porcentaje restante, moderados (posiblemente y muy posiblemente), mientras que con la metodología de Conesa

Tabla 6. Valoración difusa del impacto en función de la importancia.

Etapa	ASPI	Medio	Componente ambiental	ID del impacto	Criterios de importancia difusa								Interpretación			
					Cr	Se	Md	Ir	Pi	Im	Mi	Sg				
Construcción	Desmonte y descapote	Físico	Geología y Geomorfología	DFT			0,7328							Muy posiblemente moderado		
			Suelos	DPF		0,3719									Posiblemente severo	
			Hidrogeología	DVA			0,371								Posiblemente moderado	
			Agua	DPFa			0,8361								Muy posiblemente moderado	
			Atmósfera	DCA			0,6097									Posiblemente moderado
		ANP				0,6097									Posiblemente moderado	
		Biótico	Flora	PCO		0,6094									Posiblemente severo	
			Fauna	DPF			0,8422									Muy posiblemente moderado
				PHF		0,1574										Poco posiblemente severo
		Socioeconómico y cultural	Aspectos arqueológicos	PPA		0,0787										Poco posiblemente severo

Fuente: Luque y Ramírez (2016)

([tabla 3](#)) no se presentan impactos severos; los impactos moderados representaron el 30 %, y en su gran mayoría, fueron valorados como irrelevantes. Esto indica que Conesa es una metodología conservadora al momento de la valoración, como lo reconocen [Toro, Martínez y Arrieta \(2013\)](#) quienes encontraron que el método más utilizado es el cualitativo propuesto

por Conesa, con modificaciones que disminuyen la efectividad de la EIA, y potencializan la subjetividad y el sesgo del evaluador.

Caso contrario ocurre con la metodología propuesta, que al ser más rigurosa y permitir un menor grado de subjetividad, hace que la importancia del impacto se resalte, sea este de naturaleza positiva o negativa.

Tabla 7. Ejemplo de las categorías de valoración entre las metodologías convencional y difusa

Metodología convencional	Metodología difusa
Moderado (-50)	Poco posiblemente irrelevante (0,1257) Muy posiblemente moderado (1,0) Muy posiblemente severo (0,7189)

Fuente: [Luque y Ramírez \(2016\)](#)

Un claro ejemplo de cómo aumenta la exactitud de los resultados se da en el impacto pérdida de hábitat para fauna terrestre. En este mismo sentido, [Viloria, Cadavid y Awad \(2018\)](#) manifiestan que en Colombia se sigue evidenciando poca calidad de los estudios ambientales, una gran diversidad de métodos con inconsistencias metodológicas e incluso conceptuales, sumados al uso de juicios de valor que dependen del profesional que los ejecuta y a que las escalas de valoración cualitativas no son claras o adecuadas, lo cual sesga los resultados.

CONCLUSIONES

La metodología propuesta resalta las debilidades de las metodologías convencionales

debido a la poca subjetividad involucrada al momento de dar valor a las variables de entrada, mientras que en la metodología convencional estos números van determinados por el usuario o por el método utilizado. Asimismo, las técnicas difusas se mantienen variantes únicamente en el número de etiquetas o subconjuntos del conjunto de partida, las cuales, a su vez, se establecen en un rango de pertenencia para cualquier valor sobre el universo de discurso.

La evaluación mediante técnicas difusas permitió la incorporación variables monótonas y continuas como por ejemplo resiliencia y cobertura, entre otras, las cuales se pudieron operar como un conjunto difuso. A su vez, se tiene como novedad el uso de la aritmética difusa

mediante operaciones de intervalos definidos por los α -cortes, los cuales facilitaron la ejecución de operaciones matemáticas para la obtención de la *fra*.

Esta metodología permitió modelar con una mayor exactitud la manera en que interactuará el proyecto y el ambiente, en comparación a las metodologías convencionales, lo cual ayudó a la oportuna incorporación de mejores medidas correctoras.

Financiamiento

La presente investigación fue financiada por los autores y formó parte del trabajo de pregrado en Ingeniería Ambiental en las Unidades Tecnológicas de Santander, de los ingenieros Germán Yesid Luque Díaz y Laura Cristina Ramírez Salinas.

REFERENCIAS

- Arboleda, J.A. (2008). Manual para la evaluación ambiental de proyectos, obras o actividades. Medellín.
- Avellaneda, A. (1990). Petróleo e impacto ambiental en Colombia. Revista de la Universidad Nacional (1944-1992), 6(24), 21-28.
- Bailey, J. (1997). Environmental impact assessment and management: An underexplored relationship. Environmental Management, 21, 3-17. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s002679900032>
- Bear, D. (2003). Some modest suggestions for improving implementation of the National Environmental Policy Act. Natural Resources Journal, 43(4), 931-960. DOI: www.jstor.org/stable/24888893
- Bravo, E. (2005). Los impactos de la explotación petrolera en América Latina. Biodiversidad, 43, 1-9.
- Collazos, A., Esquivel, C.L. y Paz, A. (2019). De los hidrocarburos a las energías renovables en Colombia. Cultura Latinoamericana, 29(1), 138-162. DOI: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14718/CulturaLatinoam.2019.29.1.6>
- Corficolombiana (2018). Perspectivas económicas Corficolombiana. Proyecciones 2019: atención al volante. Bogotá.
- Correa, C.A., Marulanda, G.A. y Panesso, A.F. (2016). Impacto de la penetración de la energía solar fotovoltaica en sistemas de distribución: estudio bajo supuestos del contexto colombiano. Tecnura, 20(50), 85-95. DOI: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.4.a061>
- Duarte, O.G. (2000). Técnicas difusas en evaluación de impacto ambiental. [Tesis doctoral]. Universidad de Granada. Granada España. Recuperado de http://decsai.ugr.es/Documentos/tesis_dpto/49.pdf
- Duarte, O.G., Requena, I. y Rosario, Y. (2007). Fuzzy techniques for environmental-impact assessment in the mineral deposit of Punta Gorda (Moa, Cuba). Environmental Technology, 28(6), 659-669. DOI: <https://doi.org/10.1080/09593332808618826>
- Dutta, P., Boruah, H. y Ali, T. (2011). Fuzzy Arithmetic with and without using α -cut method: A comparative Study. International Journal of Latest Trends in Computing, 2(1), 99-107.

- Guerrero, M.E. (2018). Ruptura de oleoductos por interferencia externa, daño ambiental y sostenibilidad en Colombia. *Revista Producción + Limpia*, 13(2), 7-13.
- Lozano, C. (2014). Diseño de una metodología de evaluación cuantitativa de impactos ambientales para pozos de perforación exploratoria del sector hidrocarburos. Bucaramanga: Unidades Tecnológicas de Santander.
- Luque, G. y Ramírez, L. (2016). Técnicas difusas para la evaluación de impactos ambientales en el transporte de hidrocarburos en Colombia. Bucaramanga: Unidades Tecnológicas de Santander.
- Luther, L. (2008). The national environmental policy act: Background and implementation. Washington D.C.: Congressional Research Service.
- Malagón, J., Montoya, G. y Ruiz, C. (2016). La competitividad del sector de hidrocarburos en las diferentes regiones de Colombia. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- Marchevsky, N.J., Giubergia, A.A. y Ponce, N. H. (2018). Evaluación de impacto ambiental de la cantera "La Represa" en la provincia de San Luis, Argentina. *Tecnura*, 22(56), 51-61. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.14483/22487638.12907>
- Naciones Unidas. (2012). Informe del Consejo de Administración/Foro Ambiental Mundial a Nivel Ministerial. Nueva York. Recuperado de <https://undocs.org/pdf?symbol=es/A/67/25>
- Parada, E.A., Illera, M.J., Sepúlveda, S.B., Guevara, D. y Medina, B. (2016). Sistema de control domótico de bajo costo: un respaldo a la generación ecológica de energía eléctrica en Colombia. *Tecnura*, 20(49), 120-132. DOI: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.3.a08>
- Poveda, G. Y Mesa, O. (1995). Efectos hidrológicos de la deforestación. *Energética*, 16, 91-102.
- Rojas, A., Ducuara, Y. y Moreno, R. (2015). Escenarios energéticos a 2050 con integración de fuentes de energía eléctrica renovables en Colombia. *Tecnura*, 19(CITIE), 83-89. DOI: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.ICE.a10>
- Toro, J., Martínez, R. y Arrieta, G. (2013). Métodos de evaluación de impacto ambiental en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 4(2), 43-53.
- Toro, J., Requena, I. y Zamorano, M. (2010). Environmental impact assessment in Colombia: critical analysis and proposals for improvement. *Environmental Impact Assessment Review*, 30(4), 247-261.
- Toro, J., Duarte, O., Requena, I. y Zamorano, M. (2012). Determining vulnerability importance in environmental impact assessment. The case of Colombia. *Environmental Impact Assessment Review*, 32(1), 107-117.
- Villareal, E. y Arango, D. (2014). Estrategias para el entrenamiento de redes neuronales de números difuso. *Tecnura*, 18(40), 36-47. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2014.2.a03>

Viloria, M.I., Cadavid, L. y Awad, G. (2018). Metodología para evaluación de impacto ambiental de proyectos de infraestructura en Colombia. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 28(2), 121-156. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.18359/rcin.2941>

Zadeh, L.A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I. *Information Sciences*, 8(3), 199-249. DOI: [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0020-0255\(75\)90036-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0020-0255(75)90036-5)





Control y administración de datos en una mina subterránea de oro y plata

Control and administration of data in a gold and silver underground mine

David Alfredo Narváez¹, Beatríz Lilian Pérez², Andrea Alejandra Giubergia³,
Graciela Verónica Gil-Costa⁴

Fecha de recepción: 01 de Octubre de 2019 **Fecha de aceptación:** 05 de Febrero de 2020

Cómo citar: Narváez., D.A., Pérez., B.L., Giubergia., A.A., y Gil-Costa., G.V. (2020). Control y administración de datos en una mina subterránea de oro y plata. *Tecnura*, 24(64). 66-80

<https://doi.org/10.14483/22487638.15587>

RESUMEN

Objetivo: El objetivo de este trabajo es mostrar cómo el uso de un sistema de control de producción que registra y gestiona las operaciones mineras, enfocado en el seguimiento y control de los equipos, procesos y activos, mejora la eficiencia del sistema de información de una empresa, de modo que tenga un soporte adecuado.

Metodología: En este trabajo se utiliza el software Pitram versión 1.0, desarrollado por la empresa Micromine, que permite detectar las falencias en el sistema de información del área de producción en una pequeña mina subter-

ránea de oro y plata, ubicada en Argentina. La metodología consistió en cinco pasos fundamentales: a) capacitación, b) recolección de datos, c) ingreso de datos al sistema, c) validación del modelo y d) análisis y resultados.

Resultados: Se obtuvo una mayor cantidad y variedad de datos con respecto a la información que registraba la empresa al momento de realizar el presente trabajo, que fueron propicios para tomar decisiones sobre el control de insumos, seguimiento de equipos primarios, seguimiento de operarios de equipos primarios, cálculo de KPI y control de objetivos. Además, se optimizó la administración de los datos, lo

¹ Ingeniero en Minas, Departamento de Minería, Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis. Chacabuco 917 (5700), San Luis, Argentina. Contacto: narvaez_41@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4767-784X>

² Profesora en Ciencias de la Computación, auxiliar de Primera Categoría del Departamento de Minería, Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis. Chacabuco 917 (5700), San Luis, Argentina. Contacto: blperez@unsl.edu.ar

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4505-9113>

³ Magíster en Ingeniería del Software, ingeniera en Minería, profesor adjunto del Departamento de Minería, Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis. Chacabuco 917 (5700), San Luis, Argentina. Contacto: aagiuber@unsl.edu.ar

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9780-6291>

⁴ Doctora en Ciencias de la Computación, licenciada en Ciencias de la Computación. Profesor Asociado del Departamento de Minería, Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis. Chacabuco 917 (5700), San Luis, Argentina. Investigadora del CCT-SL (Conicet-CCT) San Luis. Argentina. Contacto: gvcosta@email.unsl.edu.ar

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4637-9725>

que significó la disponibilidad de estos en todo momento, menor cantidad horas hombres en el manejo de datos, menor consumo de recursos de almacenamiento, mayor seguridad, etc.

Conclusiones: El software implementado satisfizo la necesidad de información de la empresa, al minimizar la incertidumbre y reducir la posibilidad de cometer errores que podrían causar pérdidas económicas. Además, permitió mejorar la eficiencia operativa y optimizar la distribución de recursos, y así, una mejor rentabilidad.

Palabras clave: base de datos; planificación minera; software minero.

ABSTRACT

Objective: The objective of this work is to show how the use of a production control system that records and manages mining operations, focused on the monitoring and control of equipment, processes and assets, improves the efficiency of a company's information system, so that it has adequate support.

Methodology: This work uses Pitram software version 1.0, developed by the company Micro-mine, which allows detecting the flaws in the information system of the production area in a

small underground gold and silver mine, located in Argentina. The methodology consisted of five fundamental steps: 1. Training, 2. Data collection, 3. Data entry to the system, 4. Validation of the model, 5. Analysis and results.

Results: A greater amount and variety of data were obtained that were conducive to making decisions about input control, monitoring of primary equipment, monitoring of operators of primary equipment, calculation of KPI and control of objectives. In addition, data management was optimized, which meant their availability at all times, fewer man hours in data management, lower consumption of storage resources, greater security, etc.

Conclusions: The software implemented was able to meet the company's information need by minimizing uncertainty and reducing the possibility of making mistakes that could cause economic losses. In addition, it improved operational efficiency and optimized the distribution of resources, achieving better profitability.

Keywords: Database; Mining Planning; Mining Software.

INTRODUCCIÓN

La información puede ser utilizada como un recurso para el alcance del éxito en coordinación con los tradicionales recursos (materiales, económicos, humanos y financieros). Por tanto, su búsqueda y captura generan una ventaja competitiva para las empresas, porque es uno de los activos más importantes de estas, que además deberían ser protegidos adecuadamente mediante el uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) (Ascanio, Trillos y Bautista, 2015).

Planteamiento del problema, contexto y antecedentes

El caso de estudio de este trabajo (figura 1) se desarrolla en una pequeña mina subterránea de oro y plata que se encuentra en la zona cordillerana de Argentina (Sistema de Información Geológica Ambiental Minera, 2019). Desde el inicio de la vida de la mina, en 2009, se contaba con escaso registro de datos, por lo que resultó imperativo solucionar este problema. Teniendo en cuenta que los tiempos favorables que se vivieron en la minería (gracias a los precios altos de los commodities) habían finalizado, surgió

la necesidad de tener un control más estricto de recursos e insumos. Esto se logra teniendo un conocimiento integral de los procesos, por lo que es indispensable contar con un soporte de información que aclare cómo funciona cada variable de estos y tomar las decisiones con menor riesgo de cometer errores. En consecuencia, en 2015 se dio inicio al proyecto de implementación de un software específico Pitram (Micromine, 2016) que posee la capacidad de almacenar datos para luego re-

cuperarlos a través de una gran variedad de informes muy útiles a la hora de analizar la eficiencia de la producción, controlar el consumo de insumos y la distribución de recursos. Por tanto, da a conocer con anticipación si los objetivos planificados se han de cumplir y, de no ser así, se tiene la posibilidad de tomar acciones correctivas.

El problema central que se busca resolver con la implementación del software

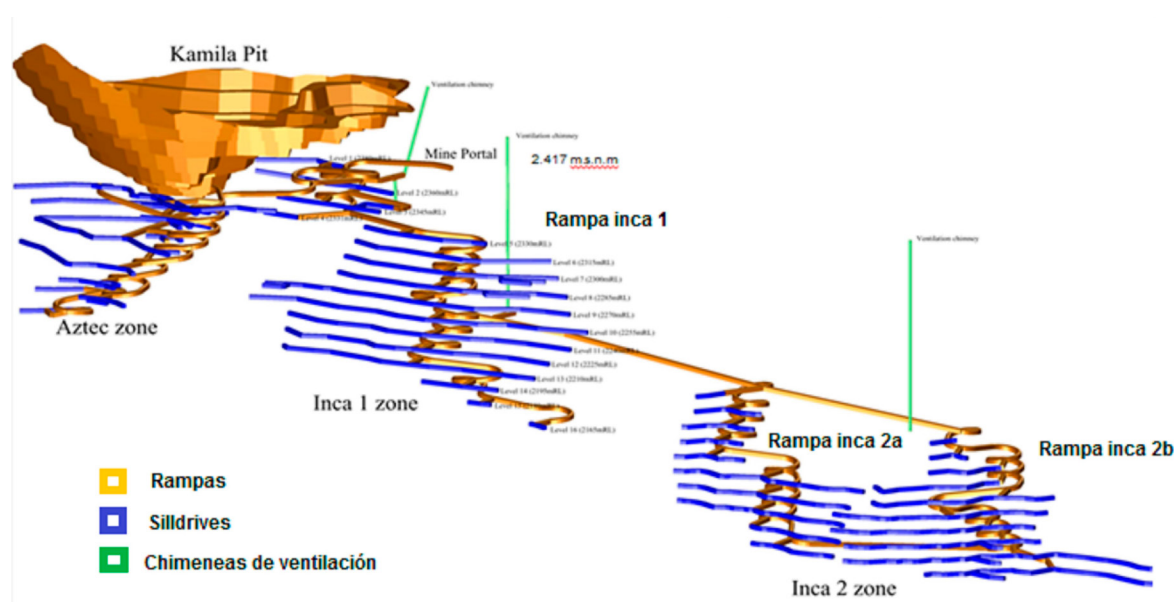


Figura 1. Vista general de la mina donde se muestran las tres zonas de explotación y las rampas de acceso. Espaciamento entre niveles, en general, es de 15 m a 20 m

Fuente: Mina Casposo. (Narváez, 2016)

es minimizar el escaso control de las operaciones de la mina, que causa incertidumbre acerca de algunos indicadores de producción importantes.

La disponibilidad de la información era otro problema que requería solución, ya que si un área necesitaba algún informe perteneciente a otra área, debía solicitarlo vía correo electrónico, causando muchos contratiempos. Tener información disponible en cualquier momento, a la cual se

pueda acceder desde cualquier computadora conectada a la red de la compañía, fue la razón por la que se decidió invertir en este proyecto. Durante varios años cada área o departamento de la compañía llevó el registro de datos en documentos (en su mayoría en planillas Excel) que se archivaban en carpetas a las que solo su personal tenía acceso (sistema antiguo).

En el transcurso de este trabajo se destacan los beneficios obtenidos por la utilización

de este software, como: a) mayor disponibilidad de información, b) mejora en los tiempos de manejo y administración de datos, c) controles más estrictos de consumos de recursos y de trabajos realizados por empresas contratistas.

Estado del arte

En aras de crear y sostener una ventaja competitiva, según [Hansen y Mowen \(2006\)](#),

[...] la administración de la calidad total, el tiempo como elemento competitivo, los avances en la información y la tecnología de manufactura, la globalización de los mercados, el crecimiento del sector servicios, la liberación y una conciencia iluminada en relación con las prácticas éticas y ambientales de las empresas han impulsado cambios en el manejo de los datos. (p. v, prefacio)

El trabajo de [Sánchez Martelo \(2015\)](#) muestra la integración de dispositivos tecnológicos (una integración absoluta entre el dispositivo y el ser humano) en los sistemas de información. De esta manera hace notar que la persona se debe centrar solo en las tareas que debe realizar y no en las herramientas a utilizar. También resalta que cuanto más intuitivo es el uso de la tecnología, esta se considera más inteligente y que debe brindar calma (tranquilidad, confiabilidad y usabilidad) a los usuarios.

Contar con una base de datos referida a las actividades generales de la minería, como la explotación de minerales, operaciones unitarias, servicios auxiliares, producción mensual de minerales es fundamental para el buen control y aplicación de indicadores, así como para el control del desempeño de operaciones mineras ([Escalante, 2011](#)). El diseño y uso de indicadores de gestión en explotación y avances en la minería es a

través de la elaboración de tablas de base de datos, cuadros de resumen y cuadros de control del desempeño de las operaciones para el logro de objetivos ([Escalante, 2011](#)).

Josep [Tarruella \(2009\)](#) hace hincapié en un artículo publicado por la revista Minería Chilena:

[...] la industria minera tiene una enorme complejidad en el manejo de sus datos, lo que provoca una necesidad de responder a normativas internacionales, integrar tecnologías utilizadas en distintas empresas o unidades, tener un inventario certero y un manejo confiable de la información del mineral, que permita evitar errores. Por ejemplo, en los sistemas de medición y contabilidad de producción, representa un desafío en el que se juega incluso la continuidad operativa, donde un dato erróneo o una demora en el procesamiento de la información puede generar pérdidas millonarias.

[León Delgado \(2019\)](#) determinó los índices técnicos de gestión que intervienen en la actividad minera subterránea mediante la recolección de datos, determinación de variables y parámetros de mayor relevancia que se deben medir. Estos ayudan a la gestión de procesos mineros para que la gerencia de la operación pueda actuar de forma efectiva y segura mejorando el desempeño de la industria minera.

En el trabajo de [Cruz Choquepata \(2016\)](#) se menciona que, al desarrollar proyectos operativos en minas a corto plazo, la implementación de herramientas informáticas proporciona mayor confiabilidad y control en el manejo de la información. [Becerra-Fernández y Herrera-Ramírez \(2018\)](#) elaboraron un modelo para planeación de

capacidades operativas donde se buscó la mejor utilización de los recursos asignados a la prestación del servicio, según la rentabilidad de la unidad de negocio. Así se demostró que una mejor configuración de los recursos involucrados en dicha prestación de servicio le permite a las empresas obtener mejores índices de utilización y rentabilidad.

Objetivos

Implementar un sistema de administración de datos de producción más eficiente, con el cual se pueda satisfacer la necesidad de información, aumentando el conocimiento general de las operaciones de mina para la toma de decisiones dentro de la organización.

Alcances

El alcance de este trabajo es lograr, a través del uso del software, la generación de informes detallados que sean de interés para el área de producción, servicios técnicos y altas gerencias; además, registrar los movimientos de materiales con sus respectivas leyes, tareas realizadas por los equipos, consumibles, mediciones y avance en túneles de desarrollo según topografía.

METODOLOGÍA

- Para poner en marcha el proyecto se utiliza la siguiente metodología (figura 2):
- Realizar capacitaciones acerca del software, su funcionamiento y estructura.
- Realizar reuniones con los jefes de departamentos para establecer los datos de interés para cada uno de ellos.
- Trabajar en conjunto con personal de la empresa del software para suministrar la información que precisan para estructurarlo y personalizarlo, según las necesidades de la empresa minera.
- Extraer los datos de los registros existentes y recolectar otros datos a través de la creación de planillas diarias de trabajo para los equipos.
- Capacitar al personal en el uso de las planillas.
- Ingresar los datos a la base de datos del software.
- Rastrear errores y solucionarlos.

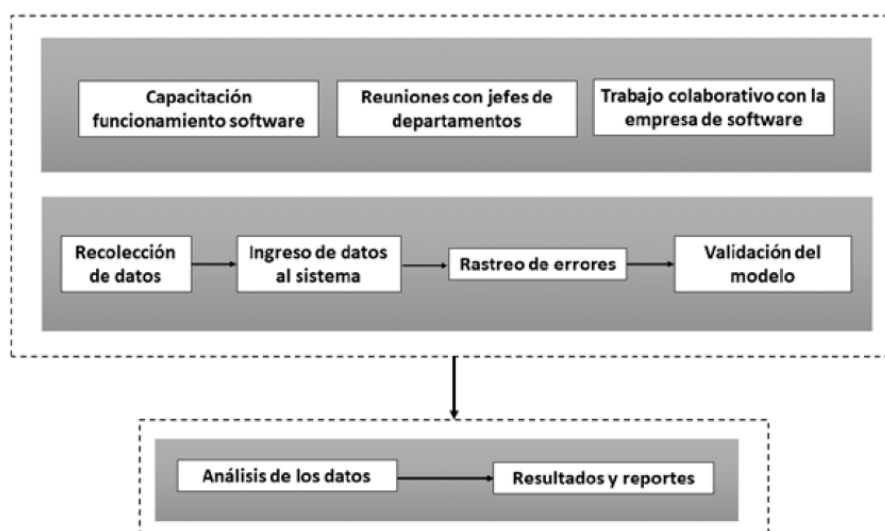


Figura 2. Esquema de la metodología empleada para generar el diseño de la base de datos

Fuente: elaboración propia.

El trabajo previo a la puesta en marcha del software abarca la etapa del diseño conceptual de la base de datos y la recolección de datos.

El software utiliza la tecnología de base de datos para controlar y gestionar la información, es por ello que el correcto funcionamiento de este depende de cómo fue diseñada la base de datos. Se puede decir que, en líneas generales, el diseño de un sistema de información, en lo concerniente a las bases de datos, tiene tres fases: modelo conceptual, modelo lógico, modelo físico (Camps Paré et al., 2016; Gómez Ballester et al., 2007). En la etapa de modelo conceptual se comienzan a realizar tareas para la implementación del software. Las etapas de modelo lógico y modelo físico son responsabilidad exclusiva del personal de la empresa del software, por lo que no se tienen en cuenta en este trabajo.

Por otra parte, la información que entrega el software está basada en los datos ingresados en este, por lo cual se debe tener un especial cuidado en la recolección, ingreso, validación y actualización de datos si se quiere obtener información confiable.

Modelo conceptual de base de datos

Según Gómez Ballester et al. (2007), el modelo conceptual “es la fase en la que se formalizan las estructuras que se observan en el mundo real produciendo lo que se denomina esquema conceptual”. Por lo que en la etapa del diseño de la base de datos se representa la realidad a un alto nivel de abstracción, con modelos conceptuales de fácil comprensión.

Silberschatz, Korth y Sudarshan (2006) refieren que como parte inherente de un proceso de diseño conceptual “se deben tomar decisiones sobre qué atributos se

desea capturar en la base de datos y cómo agruparlos para formar las diferentes tablas” (p. 12). Por tanto, el modelo de datos entidad-relación (E-R) basa la percepción del mundo real como una colección de objetos básicos, denominados entidades, y las relaciones entre estos objetos. Las entidades se describen mediante un conjunto de atributos (Silberschatz, Korth y Sudarshan, 2006).

Es importante definir tres conceptos básicos en el modelo E-R:

- **Entidad.** Es el objeto donde se almacena la información en la base de datos. Por ejemplo, un equipo determinado o un operario. De este modo se habla de la entidad personal, mientras que cada operario en concreto sería una ocurrencia (instancia) o un ejemplar de la entidad personal. La entidad se representa con un rectángulo (Sánchez, 2004) (figura 3).

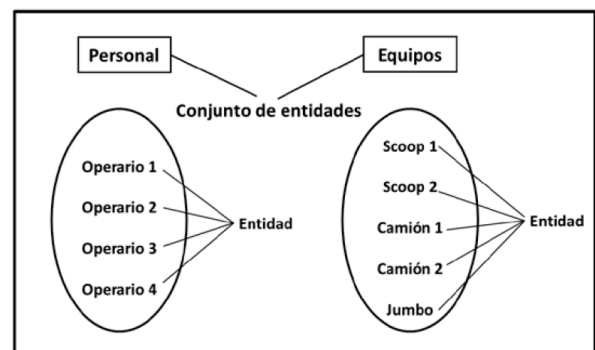


Figura 3. Ejemplo de entidad y conjunto de entidades. Representación gráfica en modelo E-R

Fuente: elaboración propia.

- **Relación.** Elemento del modelo que permite relacionar los datos entre sí. Este se simboliza con un rombo (Sánchez, 2004). Por ejemplo, en caso de que se tenga una entidad personal y otra entidad equipos, ambas se relacio-

nan ya que el personal opera equipos y los equipos son operados por el personal (figura 4).

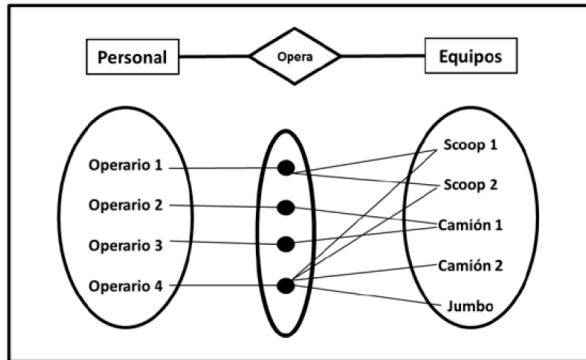


Figura 4. Relación entre entidades

Fuente: elaboración propia.

- **Atributos.** Describen propiedades de las entidades y las relaciones. Estos se representan con un círculo, donde se ubica el nombre del atributo (Sánchez, 2004). Por ejemplo, una entidad operario tiene atributos como el nombre, identificación y edad que lo describen (figura 5).

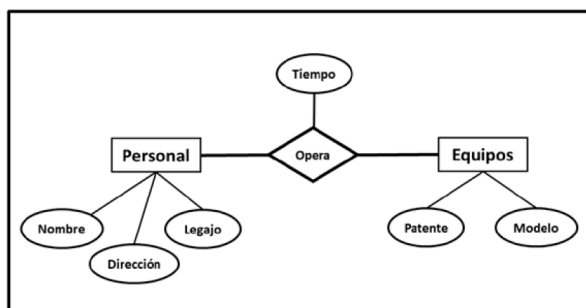


Figura 5. Relación de dos entidades con sus respectivos atributos

Fuente: elaboración propia.

Para ejemplificar las definiciones de entidad, relación y atributos, en este trabajo se usaron solamente dos entidades, una relación y seis atributos. En un modelo real existen muchos más componentes y

varían según el caso, esto da la posibilidad de crear una gran cantidad de relaciones entre entidades. La ventaja de estas relaciones es que se pueden cruzar datos entre entidades, por ejemplo, se puede llegar a saber que un operario definido por un nombre, dirección y legajo, operó un equipo determinado por su modelo y patente.

Información utilizada para la etapa del diseño conceptual

En la figura 6. se muestra el índice del documento con la información requerida por la empresa de software para la etapa de diseño conceptual.

En la imagen se observan una serie de títulos (Equipment, Location, Measures, Personnel, Equipment States, Shift, Grade Control y Location States) que ordenan la información requerida. Este documento provee a los programadores los datos y la relación que existe entre ellos, de esta forma pueden realizar un modelo abstracto de la realidad que se necesita representar. Básicamente, para crear el esquema conceptual se requiere definir las entidades, cómo se relacionan entre ellas y sus respectivos atributos. Luego, se puede utilizar el modelo de datos E-R para crear el esquema conceptual de la base de datos.

Por ejemplo, en la tabla 1. se presentan los datos de los equipos de los cuales se desea obtener algún tipo de registro. Se describen las características como el modelo, la función y el código, lo que permitirá realizar reportes con mayor o menor detalle. A partir de estos reportes es posible consultar acerca de la cantidad de material transportado por cada uno de los camiones

A40F. También se puede crear un reporte del material movido por los equipos que tiene la función “Equipos de acarreo”, esto

arrojará la suma de material transportado por cada los camión.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Equipment			Measures			Shift		
2	Imported	Equipment		Imported	General Measures		Imported	Shift	
3	Imported	Equipment Model		Imported	Measure Type		Imported	Shift Roster	
4	Imported	Equipment Function							
5	Imported	Equipment Owner		Personnel			Grade Control		
6				Imported	Person		Imported	Elements	
7				Imported	Crew		Imported	Grade Type	
8				Imported	Employer		Imported	Reconciliation Envelope	
9	Location			Imported	Operator Role		Imported	Unit Of Measure	
10	Imported	Locations		Imported	Role Type				
11	Imported	Material		Equipment States			Location States		
12	Imported	Material Category		Imported	Equipment States		Imported	Location States	
13	Imported	Material Group		Imported	Equipment Status Category		Imported	Location Status Category	
14	Imported	Location Type		Imported	Equipment Status Type		Imported	Location Status Group	
15	Imported	Capital Operating		Imported	Equipment Status Group		Imported	Location Status Type	
16	Imported	Development Production		Imported	Equipment Cycle Status		Imported	Location Status Classification	
17	Imported	Level							
18	Imported	Lens							
19	Imported	Mine Area							
20	Imported	Northing							
21	Imported	Flow Type							
22	Imported	Depletion Model							

Figura 6. Índice del documento que registra la información necesaria para la etapa de diseño conceptual

Fuente: elaboración propia.

Manejo de datos

Una vez que el software está configurado, se ingresan los datos, los cuales son almacenados en la base de datos para realizar consultas. La forma de manejarlos es muy importante, dado que es la base de la información que brinda el software en sus reportes. A la luz de esto, es necesario tener precauciones para lograr que los datos introducidos al software sean una representación fiel de la realidad. Para esto se adoptan tres pasos que garantizan un manejo óptimo de datos.

Recolección

Para poder satisfacer la necesidad de información de la empresa es preciso obtener los datos correctos. Se diseñó una serie de planillas diarias de trabajo que recolectaron

la información necesaria, donde se tuvo en cuenta: los KPI (key performance indicator) (Gil, 2011), facilidad para entender, llenar y leer dichas planillas, la forma de trabajo del equipo y compatibilidad con el software.

Validación e ingreso de datos

Debido a que los datos que se ingresan en el software son la base de la información, es necesario llevar a cabo un estricto control de las planillas de trabajo diario para verificar que los datos contenidos son fieles a la realidad antes de ingresarlos a la base de datos. Esta tarea tiene un grado alto de dificultad, pero es indispensable para tener una base de datos confiable. Es responsabilidad del data entry verificar los datos antes de ser ingresados.

Tabla 1. Detalle de la flota de equipos

FLOTA DE EQUIPOS						
Función	Equipo	Tipo	Carga nominal	Carga real	Fabricante	Código
Equipo de perforación y desarrollo	Jumbo DD321	primario			Sandvik	DB-01
	Jumbo DD321	primario			Sandvik	DB-02
	Jumbo DD321	primario			Sandvik	DB-03
Long Hole	Solo DL321-7	primario			Sandvik	PD-01
	Simba 1254	primario			Atlas Copco	PD-02
Equipo de extracción LHD	Scoop R1600G	primario	10 t	5,6 t	Caterpillar	LHD-1
	Scoop R1700G	primario	12,5 t	7,6 t	Caterpillar	LHD-2
	Scoop R1600G	primario	10,2 t	5,6 t	Caterpillar	LHD-3
	Scoop R1300G	primario	6,8 t	3,8 t	Caterpillar	LHD-4
Equipos de acarreo	Camión Lagarto A40F	primario	39 t	23 t	Volvo	MT-01
	Camión Lagarto A40F	primario	39 t	23 t	Volvo	MT-02
	Camión Lagarto A40F	primario	39 t	23 t	Volvo	MT-03
	Camión Lagarto A40F	primario	39 t	23 t	Volvo	MT-04
Equipos de servicio	Front End Loader L90F	secundario			Volvo	L90-01
	Scissor Lift SLX5000DF	secundario			Walden	SL-01
	Telehandler 1740 Haulotte	secundario			Faresin	TH-01
	Anfo Loader AFX5000MK	secundario			Walden	AL-01
Equipos auxiliares	Alpha 20	secundario			Semmco	BTZ-1
	Scoop ST1030	secundario			Atlas Copco	BTZ-2
Equipos auxiliares	Scoop ST730	secundario			Atlas Copco	BTZ-3
	Manitou MT732	secundario			Manitou	BTZ-4
	Manitou MT1030	secundario			Manitou	BTZ-5

Actualización

Para lograr que un sistema de información sea eficiente, una de las condiciones es que los datos se encuentren disponibles para ser consultados en tiempo y forma, es decir que deben ser actualizados en un periodo razonable, en este caso, día tras día.

Esta responsabilidad también recae sobre el data entry, quien es el encargado de que los datos de las planillas diarias de

trabajo sean validados e introducidos a la base de datos dentro del periodo estipulado.

Mantener la aplicabilidad del software también se enmarca en la actualización. Aplicabilidad quiere decir que sea adaptable a la realidad del proceso del cual se quieren obtener datos. Esta tarea es responsabilidad del administrador del software de la empresa, el cual tiene acceso al servicio editor de referencias, para

crear, editar y administrar los datos de referencia utilizados por el software. Esto incluye, entre otras tareas, la definición de equipos, ubicaciones y personal. La configuración de la base de datos es un proceso constante.

RESULTADOS

Los resultados y beneficios derivados de la implementación del software tienen un impacto positivo ante la necesidad de remediar o compensar la ausencia de información que se requiere al momento de tomar decisiones dentro de la empresa. Los beneficios de mayor impacto son:

Control de insumos

Existe una gran cantidad de reportes que ayudan al control de insumos en la mina. Por ejemplo, el control de insumos de fortificación en una mina es importante si se desean bajar los costos de producción. Uno de los consumibles de alto costo en la mina de este estudio son los de fortificación. En este caso, con la ayuda de los reportes emitidos por el software, se conocen la cantidad y tipo de split set utilizados, pero no se pudo realizar el análisis acerca de la eficiencia de su uso. Este es uno de los beneficios que brinda el software en la optimización de recursos y así reducir los costos.

Seguimiento de equipos primarios

En este punto, el sistema de información permite hacer el seguimiento de los equipos que tienen gran influencia en el proceso extractivo. Por ejemplo, para el seguimiento de los Jumbos es posible identificar si alguno de ellos no respeta los estándares de fortificación de Geomecánica. Adicionalmente, se obtiene un informe detallado con la cantidad de pernos colo-

cados por Jumbo en cada frente, lo que posibilita compararlos con los cálculos de Geomecánica y efectuar un control para verificar el cumplimiento de los estándares de fortificación. Luego del análisis se puede identificar a los operarios de los equipos que no cumplieron con el estándar de fortificación y tomar medidas para remediar la situación, como hacer capacitaciones acerca de los estándares que rigen en la mina.

A través de la herramienta de seguimiento que brinda el software se puede determinar la eficiencia de la utilización de los equipos con la ayuda de los reportes gráficos que aquel entrega. La [figura 7](#) es un ejemplo de un gráfico de torta, en el que se encuentran todas las tareas realizadas por el camión MT-01 con su respectiva distribución de tiempos expresados en porcentajes, para una fecha determinada.

Estos reportes ayudan a visualizar la forma en la cual los equipos están siendo utilizados e identificar aquellas tareas no operativas que ocupan un gran porcentaje de tiempo, para luego, si fuera necesario, llevar a cabo alguna acción correctiva. Seguimiento de operarios de equipos primarios.

A través de los reportes que se obtienen del programa, se adelantan los seguimientos a los operarios de equipos con mayor influencia en el proceso productivo. Esto permite darles a conocer los puntos en los que tienen que mejorar y de esta forma incentivarlos en su trabajo.

Cálculo de KPI

De los reportes proporcionados por el software referidos a KPI, solo se tienen en cuenta los solicitados por la gerencia del área de producción:

1. Perforación efectiva de desarrollo. Se puede validar la cantidad de metros perforados planificados con la perforación de los metros efectivos.
2. Velocidad de perforación de desarrollo. Permite conocer el tiempo que demora en perforar un frente en función de la velocidad de perforación que tiene un Jumbo.
3. Toneladas por hora de Scoop. Se obtiene un informe con los tonelajes

movidos por los Scoop y los camiones, así como también los tiempos operativos invertidos en el movimiento de material. Con esta disponibilidad de datos se pueden calcular las toneladas por hora de Scoop.

4. Toneladas por hora de camión. Se obtiene el reporte de la cantidad de toneladas transportadas por los camiones y el tiempo utilizado.
5. Velocidad de perforación de long hole.

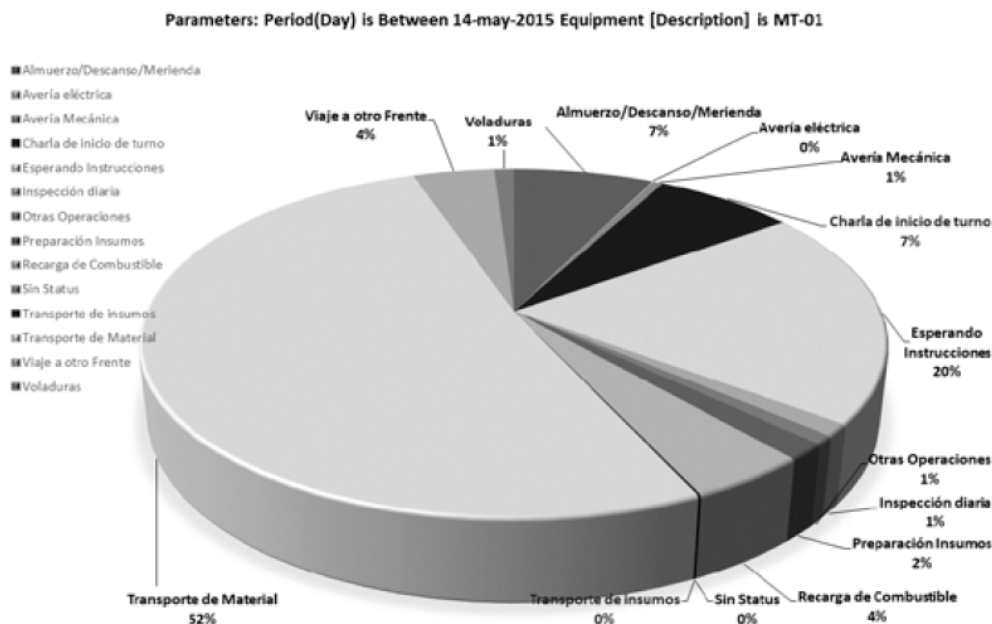


Figura 7. Reporte gráfico con los porcentajes de tiempos por cada tarea para el camión MT-01

Fuente: elaboración propia.

Se obtiene un reporte de los tiempos de las tareas operativas, con los cuales se puede calcular la velocidad de perforación long hole.

Control de objetivos

El software emite reportes de seguimiento de los objetivos para así analizar su cumplimiento. Esto es de gran utilidad, ya que, si se estima que alguno de los obje-

tivos no se va a cumplir, pueden tomarse acciones correctivas con anterioridad para revertir la situación.

La figura 8. muestra un informe gráfico y numérico del objetivo diario y acumulado de toneladas de producción. Las barras en la imagen representan la producción en toneladas del día, mientras que la línea punteada determina el objetivo diario, es decir que todas las barras que sobrepasan esta línea cumplen la meta di-

aria. La línea continua del medio es el objetivo diario acumulado, el cual debe ser comparado con la línea continua inferior para determinar si se cumple.

Beneficios

Los beneficios obtenidos representan, en primer lugar, la mayor cantidad de información, es decir que con este sistema de información, existe más variedad de datos propicios para tomar decisiones a partir de estos. En segundo lugar, la administración de los datos significó la disponibilidad de estos en todo momento, menor cantidad horas/hombres en el manejo de datos, menor consumo de recursos de almacenamiento, mayor seguridad, etc.

La [tabla 2](#). muestra la comparación entre el antiguo sistema (registro de datos en planillas Excel, en general) y el nuevo sistema. Se puede apreciar en cada una de las comparaciones las ventajas del nuevo sistema implementado.

CONCLUSIONES

Una necesidad primaria de las organizaciones es una fuente de información confiable sobre la cual fundamentar sus decisiones. Antes de la implementación del software, el control y administración de datos eran ineficientes, y no registraban toda la información relevante para el área de Servicios Técnicos y Producción.

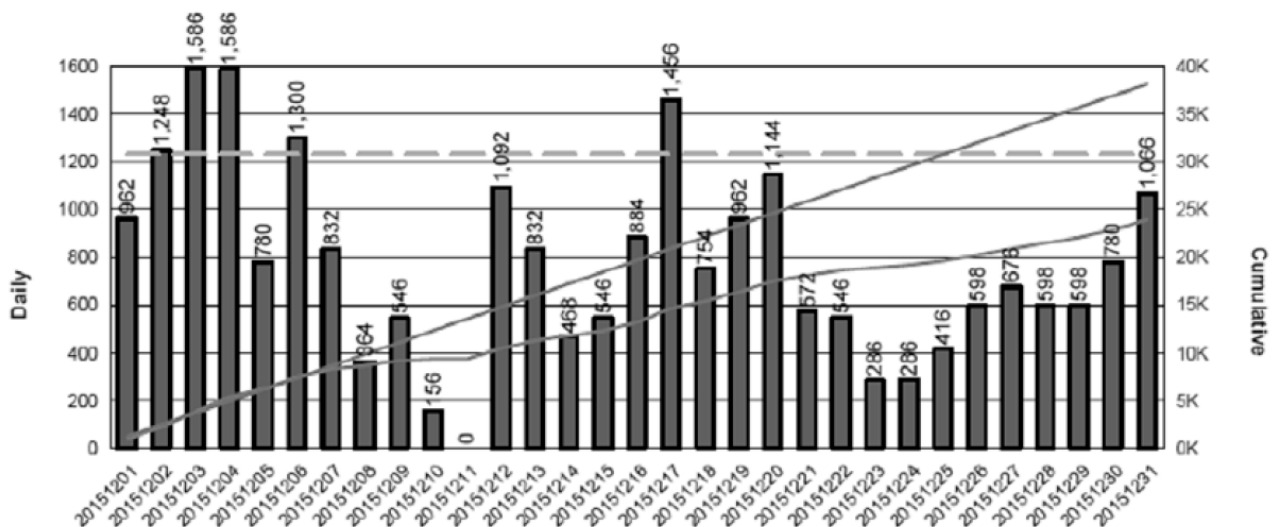


Figura 8. Reporte donde se muestra el objetivo diario y acumulado de toneladas de producción

Fuente: elaboración propia.

Las características y funciones de este software implementado satisfizo la necesidad de información de la empresa, minimizó la incertidumbre y redujo la posibilidad de cometer errores que podrían causar pérdidas económicas. También permitió mejorar la eficiencia operativa y optimizar la distribución de recursos, para así lograr mejor rentabilidad.

REFERENCIAS

Ascanio, J.G.A., Trillos, R.A.B. y Bautista, D.W.R. (2015). Implantación de un sistema de gestión de seguridad de información bajo la ISO 27001: Análisis del riesgo de la información. *Tecnura*, 19(46), 123-134. DOI: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.4.a10>

Tabla 2. Cuadro comparativo entre el sistema nuevo y antiguo.

Comparación entre sistemas de información	
Sistema nuevo	Sistema antiguo
Mayor captura de datos.	Datos insuficientes.
Disponibilidad de información y de fácil acceso debido a la base de datos centralizada.	Información no disponible en todo momento debido a la existencia de carpetas con uso restringido.
Datos no redundantes, demanda menos espacio de almacenamiento.	Datos redundantes, provoca una gran demanda de espacio en los medios de almacenamiento.
Reducción en las horas hombres empleadas para el manejo de información. Pocas personas realizan el ingreso de datos.	Muchas personas ingresando datos, lo que causa que varias veces se ingrese la misma información. Esto provoca redundancia de datos.
Debido a que se trata de una base de datos centralizada, se facilita su actualización.	Al ser un sistema de archivos es difícil realizar una actualización en algún dato y que el cambio sea hecho en todos los archivos.
Consulta de información de manera fácil e intuitiva.	Para realizar una consulta se debe conocer la ubicación del archivo que contiene la información que se busca.
Alto nivel de seguridad informática.	Los archivos pueden ser borrados con facilidad, causando pérdida de información.

Fuente: elaboración propia.

- Becerra Fernández, M. y Herrera Ramírez, M.M. (2018). Planeación de capacidades operativas asociadas a la rentabilidad en empresas prestadoras de servicios. Un enfoque de dinámica de sistemas. Operational planning capacities associated with profitability of service companies. A system dynamics approach.. *Tecnura*, vol. 22, no. 57, (32-43). DOI: <https://doi.org/10.14483/22487638.9169> Recuperado de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/9169> <https://doi.org/10.14483/22487638.9169>
- Camps Paré, R., Casillas Santillán, L.A., Costal Costa, D., Ginestá, M.G., Martín Escofet, C. y Pérez Mora, O. (2016). Bases de datos. Recuperado de <https://librosolucionarios.net/bases-datos-rafael-camps-pare-luis-alberto-casillas-santillan-dolors-costal-costa-marc-gilbert-ginesta-carmen-martin-escofet-oscar-perez-mora/>
- Cruz Choquepata, J.E. (2016). Planeamiento de minado a corto plazo con la implementación de herramientas informáticas en CIA Minera Catalina Huanca S.A.C. Trafigura Beheer B.V. Mining. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3249>
- Escalante Sánchez, R. (2011). Aplicación de indicadores de gestión en operaciones en la Mina Catalina Huanca SAC. [Tesis de pregrado]. Escuela de Formación Profesional de Ingeniería de Minas. Ayacucho, Perú. Recuperado de http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/2143/1/TESIS%20M650_Esc.pdf
- Gil Agudelo, D.V. (2011). Indicadores claves de rendimiento (KPI) Cummins de los Andes S. A. [Tesis de pregrado]. Corporación Universitaria Lasallista, Facultad de Ingeniarías, Ingeniería Industrial. Caldas, Antioquía. Recuperado de http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/720/1/Indicadores_claves_rendimiento_Cummin-delosAndes.pdf 47.
- Gómez Ballester, E., Suárez Cueto, A., Saquete Boro, E., Matínez Barco, P., Moreda Pozo, P. y Montoyo Guijarro, A. (2007). Apuntes de Bases de Datos 1. Recuperado de https://www.academia.edu/17508862/Apuntes_de_Bases_de_Datos_1
- Hansen, D.R. y Mowen, M.M. (2006). Cost management: Accounting and control. 5a. ed. Mason, Ohio: Thomson/South-Western.
- León Delgado, R.J. (2019). Determinación de índices técnicos de gestión en el desarrollo de labores mineras subterráneas en la mina San Salvador. [Tesis de pregrado]. Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8927>
- Micromine (3 de enero de 2016). Pitram Mining Software. Recuperado de <https://www.micromine.com/pitram-mining-software/>
- Narváez, D.A. (2016). Control y Administración de Datos en la Mina Casposo con Pitram. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Luis. San Luis, Argentina.
- Sánchez, J. (2004). Diseño conceptual de bases de datos. Recuperado de <https://www.freelibros.me/base-de-datos/dise-no-conceptual-de-bases-de-datos>

Sánchez Martelo, C.A. (2015). La computación ubicua: omnipresencia en los sistemas de información. *Tecnura*, 19, 121-128. DOI: <https://doi.org/10.14483/22487638.10378>

Silberschatz, A., Korth, H.F. y Sudarshan, S. (2006). *Fundamentos de bases de datos*. 5a. ed. McGraw-Hill.

Sistema de Información Geológica Ambiental Minera (2019). *Cartas Minero-metalogenética 250 K*. Recuperado de <https://sigam.segemar.gov.ar/visor/>

Tarruella, J. (2009). El manejo de datos en el sector minero. *Minería Chilena*. Recuperado de website: <https://www.mch.cl/reportajes/el-manejo-de-datos-en-el-sector-minero/>





Análisis de actores en el marco del Proyecto Agrópolis Santander Magdalena Medio

Stakeholder analysis in the framework of the Agrópolis Santander Magdalena Medio Project

Jenny Katherine Castaño Castellanos¹ , Luis Eduardo Becerra Ardila² 

Fecha de recepción: 13 de octubre de 2019

Fecha de aceptación: 03 de Febrero de 2020

Cómo citar: Castaño-Castellanos., C.C., y Becerra-Ardila., B.A. (2020). Análisis de actores en el marco del Proyecto Agrópolis Santander Magdalena Medio. *Tecnura*, 24(64). 81-96

<https://doi.org/10.14483/22487638.15336>

RESUMEN

Objetivo: La construcción y funcionamiento de un proyecto de transformación urbana y territorial precisa de la participación de socios estratégicos, generar consensos y alianzas a largo plazo. De esta manera, este trabajo expone la realización de un análisis de los actores del sector agropecuario que permita identificar un conjunto de actores claves y anticipar sus posibles alianzas y conflictos en el largo plazo, y soporte la propuesta de un modelo de trabajo colaborativo.

Metodología: Este trabajo sigue la metodología Mactor, el uso del software Mactor[®] versión 5.1.2-2003/2004, la revisión de la literatura de los artículos publicados en la base de datos Scopus con una ventana de tiempo abierta, y los aportes realizados por los aliados del proyecto Agrópolis Mactor resultantes de los talleres re-

alizados.

Resultados: Se identificaron nueve actores claves, de los cuales tres son catalogados de alto poder: cámaras de comercio, los medios de comunicación y el PNUD. Por su parte, el análisis del gráfico de divergencias entre actores evidencia la ausencia de oposiciones respecto al cumplimiento de los objetivos del sistema en estudio que conduce al establecimiento de posibles alianzas en torno al proyecto.

Conclusiones: Existe una gran oportunidad de alineación por parte de los actores para la conformación de alianzas estratégicas que propicien la ejecución de proyectos en torno a la consecución de los objetivos del proyecto como un territorio innovador en temas asociados al sector del agro.

¹ Ingeniera industrial, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. Contacto: jeanfiodor555@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0219-4438>

² Ingeniero industrial, magíster en Administración, profesor titular de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.
Contacto: lbecerra@uis.edu.co
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2596-3853>

Financiamiento: Universidad Industrial de Santander.

Palabras clave: actor; agricultura; desarrollo sostenible; Mactor; redes sociales.

ABSTRACT

Objective: The construction and operation of a project of urban and territorial transformation requires the participation of strategic partners, generate consensus and long-term alliances. In this way, this work exposes the realization of an analysis of the actors of the agricultural sector that allows to identify a set of key actors and anticipate their possible alliances and conflicts in the long term, and supports the proposal of a collaborative work model.

Methodology: This work follows the MACTOR methodology, the use of the MACTOR software[©] version 5.1.2-2003 / 2004, the review of the literature of the articles published in the SCOPUS database with an open time window, and the

contributions made by the allies of the Agrópolis MACTOR project resulting from the workshops held.

Results: 9 key actors were identified, of which 3 of them are listed as high-power actors and are: Chambers of Commerce, the Media, and UNDP. On the other hand, the analysis of the divergence between actors graph shows the absence of oppositions regarding the fulfilment of the objectives of the system under study that leads to the establishment of possible alliances around the project.

Conclusions: There is a great opportunity for the actors to align for the creation of strategic alliances that promote the execution of projects around the achievement of the project objectives as an innovative territory on issues associated with the agricultural sector.

Financing: Industrial University of Santander

Keywords: agriculture; Mactor; social networks; stakeholder; sustainable development.

INTRODUCCIÓN

El sector agropecuario es uno de los más importantes a considerar en Colombia (DNP, 2015; Ospina, 2014). Pese a su importancia, existen limitantes frente al aprovechamiento de todo su potencial, dentro de los que se destacan: el alto precio de los fertilizantes como un factor determinante para la pérdida de rentabilidad y competitividad de productos transitorios y permanentes (Castaño y Cardona, 2014); grandes diferencias tecnológicas con los países desarrollados, hecho que se evidencia en la capacidad de los primeros para absorber, imitar, adaptar e innovar tecnologías (Ruge y Pérez, 2017); la problemática social atribuida al conflicto armado, que históricamente ha estado afectada por la concentración

de terratenientes o personas asociadas al narcotráfico (Jaramillo, 2006).

En materia ambiental, un ejemplo de los problemas relacionados con la actividad agrícola de la región del Magdalena Medio santandereano, es el cultivo de la palma de aceite; cabe mencionar que Colombia se ha posicionado en los últimos años como el primer productor de palma de aceite en América Latina, y el cuarto en el mundo (Romero, Cruz y Sierra, 2015), su expansión ha llevado a la pérdida de la biodiversidad (Savilaakso et al., 2014; Turner et al., 2011) conversión de bosques naturales (Pacheco, 2012) y contaminación (Fitzherbert et al., 2008). Como aporte a la mitigación de los problemas presentados, desde la perspectiva territorial, en el marco del macro proyecto Diamante Caribe y Santanderes, se ha propuesto como estrategia el proyecto

“Diseño de un modelo de trabajo colaborativo entre actores del sector agropecuario para el desarrollo de la Agrópolis de Santander-Magdalena Medio”, conocido también como Agrópolis Mactor, ejecutado bajo la convocatoria 745 de Colciencias, dentro del eje temático estratégico de construcción de paz, a fin de contribuir en la construcción de territorios inteligentes, que se definen como la conexión de las diferentes infraestructuras de una ciudad (física, tecnologías de la información y las comunicaciones, social y negocios), para aprovechar su inteligencia colectiva (Giral, Celedón, Galvis y Zona, 2017). El concepto de modelo agropolitano (en el que se enfoca Agrópolis Mactor) busca crear ciudades más resilientes y el fortalecimiento de la autosuficiencia alimenticia y energética de las ciudades (Zamudio, 2012), apuntando a la valoración y potenciación de las singularidades territoriales y sociales (Puello, 2005).

Este modelo agropolitano está estrechamente relacionado con la promoción de un desarrollo rural con enfoque territorial y plantea la comprensión del territorio como redes sociales (Silva y Vergara, 2012). Desde esta perspectiva, los territorios rurales se definen como espacios geográficos cuya cohesión deriva de un tejido social específico (Delgadillo, 2006), en el que los actores se constituyen como elementos propósitosivos y activos (Cienfuegos y Aguilar, 2011) a través de sus iniciativas y decisiones de inversión y localización para la ejecución de sus proyectos (Vázquez, 2007). En estrecha asociación con lo anterior, la innovación se incorpora como un factor relevante para poner en valor los propios recursos y generar procesos de desarrollo territorial (Caravaca, González y Silva, 2005) con enfoque interactivo y dinámico de intercambio de diferentes recursos (tangibles e intangibles) entre un conjunto heterogéneo de actores

con diferentes roles, formando lo que se conoce como redes de innovación (Aguilar et al., 2017), por lo que se requiere dirigir los esfuerzos al desarrollo balanceado de empresas, organismos de desarrollo científico y tecnológico, de instituciones de apoyo y de espacios de colaboración, donde todos los actores puedan articularse y administrarse (Peña y Rosa, 2013), pues la falta de redes de cooperación puede entenderse como un obstáculo en el camino de la innovación y el desarrollo (Méndez, 2002).

De ahí la necesidad de promover redes de colaboración, generación de consensos y alianzas estratégicas a largo plazo, que a través de una visión conjunta aporte al desarrollo sostenible de la región. Este trabajo de investigación permite identificar un conjunto de actores claves como insumo al desarrollo del proyecto Agrópolis Mactor, además de clarificar anticipadamente los actores que apoyan y se oponen a través de sus reacciones positivas y negativas, convergencias o divergencias a esta iniciativa, así como las influencias generadas, y la formulación de estrategias encaminadas a la concertación que precisa la cooperación e involucramiento de aquellos.

METODOLOGÍA

El proyecto raíz dentro del cual se enmarca el presente estudio es el resultado de una visión de futuro para la región Caribe y Santanderes, que toma como punto de partida las sinergias de desarrollo en el territorio (Findeter et al., 2016). En este sentido, la denominada prospectiva territorial es un instrumento potente para concertar y promover el desarrollo de las regiones (Espinoza, s.f.), ya que posibilita visionar un territorio a largo plazo con el fin de desarrollarlo y transformarlo (Santos y Naumov, 2016).

La prospectiva es la filosofía del futuro (Gonod y Gurtler, 2002), es un proceso compartido para su construcción a través una visión común y su materialización en estrategias y acciones (Espinosa, s.f.; Robitaille, Chiasson y Gauthier, 2016; Gonod y Gurtler, 2002). Según Cely (1999), la metodología de escenarios ha demostrado ser la mejor forma de expresar los resultados de un ejercicio prospectivo que busca, entre otros propósitos, describir la posible evolución del sistema en estudio y analizar la influencia de los grupos sociales que son gestores del desarrollo del fenómeno de estudio; se ha realizado un ejercicio de análisis de actores que facilita la identificación de los procesos de articulación; además de reconocer a los actores clave que ejercen una mayor influencia por su poder o liderazgo (Almada, 2009). Dicho análisis, en este trabajo de investigación, se soportó en el uso del método Mactor (matriz de alianzas y conflictos: tácticas, objetivos y recomendaciones) que se configura como una de las fases del estudio de escenarios, desarrollada en 1990 por Michel Godet (2007). Por estas razones, Mactor resulta ser el método más indicado para la realización de este estudio y está compuesto por seis etapas (figura 1), cada una de las cuales se describe a continuación:

Etapas 1: localizar los proyectos y motivaciones de cada actor, sus apremios y sus medios de acción

Para llevar a cabo esta primera etapa se hizo necesario identificar los actores que son parte del sector agropecuario, para ello se consideró el conjunto de pasos propuestos por Schmeer (2000):

- Compilar y revisar información existente, para ayudar a identificar potenciales actores. Para el cumplimiento del primer paso (donde se identifican los actores que

conforman y contribuyen al desarrollo del sector del agro en el contexto de Agrópolis Mactor) se realizó una revisión de la literatura de tipo narrativa, ya que no es una revisión planeada para responder una pregunta específica, lo cual conllevaría a la revisión de la literatura de tipo sistemática (Rother, 2007). Para el ejercicio de la revisión de la literatura, se consideró el protocolo propuesto por Icart y Canela (Guirao, Olmedo y Ferrer, 2008). Posteriormente, se definió la estrategia de búsqueda considerando las recomendaciones dadas por Benito et al. (2007). La estrategia de búsqueda tuvo en cuenta la identificación de los conceptos más significativos asociados al tema del agro, redes, cooperación y trabajo colaborativo, representados en frases de búsqueda cortas. La revisión de la literatura se llevó a cabo haciendo uso de la base de datos Scopus, con una ventana de tiempo abierta, esto con el fin de no perder información útil para el estudio. No obstante, dada la cantidad de resultados obtenidos, para realizar su revisión se priorizaron de acuerdo con el número de veces citados, donde se llegaron a tomar aquellos trabajos que conformaban el primer cuartil.

Para la correcta identificación de los actores se asumió como base el concepto de actor; Almada (2009) los define como individuos y organizaciones de todo tipo y que tendrán determinados intereses en una política, un tema, un programa, un proyecto de investigación o en mejoramiento o algún problema que sienten que los afecta. Según EC-FAO (2006), un actor social es alguien que tiene algo que ganar o algo que perder a partir de los resultados de una determinada intervención o la acción de otros actores. Usualmente son considerados aquellos individuos, grupos o instituciones que son afectados o afectan el desarrollo de determinadas actividades, aquellos que poseen

información, recursos, experiencia y alguna forma de poder para influenciar la acción de otros. Agentes que, en el campo político, económico, social y cultural formulan propuestas que tienden a capitalizar mejor las potencialidades locales, de una región o país (Arocena, 2013), impulsores o motores de actividades de carácter colectivo en beneficio de los grupos o sectores (Esteva y Reyes, 2003); los actores claves son usualmente considerados como aquellos que pueden influenciar significativamente (positiva o negativamente una intervención) o son muy importantes para que una situación se manifieste de determinada forma (Tapella, 2007).

- Desarrollar una lista de todos los posibles actores. De la revisión se obtuvo una lista preliminar de actores identificados, posteriormente se buscaron los actores homólogos colombianos que tuviesen presencia o acción directa en el territorio objeto de estudio del proyecto Agrópolis Mactor, esto según la razón de ser o misión de los actores identificados en la lista preliminar resultante de la revisión de la literatura, como apoyo a esta labor se consideró el análisis preliminar del macroproyecto Diamante Caribe y Santan-

deres, en el cual se enmarca la Agrópolis Mactor, y en su eje estructural la "Agroeconomía" se reconoce como fundamental contar con el apoyo de socios estratégicos e instituciones con una vinculación al tejido económico y social, que aporten experiencia, conocimiento, capacidad financiera y de gestión (Findeter et al., 2016).

- Desarrollar una lista de actores prioritarios con aportes de expertos. Posteriormente, con aportaciones de distintos socios y aliados del proyecto Agrópolis Mactor entre los actores identificados, se encontraron como claves los que se muestran en la tabla 1.

Así, siguiendo a Algranati, Bruno y Lotti (2012) quienes afirman que es necesario organizar ese listado por tipos de actores, se procedió a categorizarlos en función de su razón de ser, tales categorías se validaron con las dimensiones propuestas por el equipo de investigación desde las cuales se concibe Agrópolis Mactor para Santander-Magdalena Medio, y que son: ambiental, infraestructura y conectividad, político-institucional, económico productivo, socio-cultural, y ciencia tecnología e innovación (CTel) (Becerra, Guarín y Romero, 2018).

Tabla 1. Actores identificados

Dimensión	Actor
Político institucional	Secretaría de Agricultura Departamental.
CTel	Corpoica (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria) – Hoy en día conocida como Agrosavia.
Económico	Banco Agrario.
Productivo	Cámaras de comercio (Bucaramanga y Barrancabermeja).
Ambiental	CAS (Corporación Autónoma Regional de Santander).
Sociocultural	PNUD ONU (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). Medios de Comunicación Social.
Infraestructura	Findeter (Financiera del Desarrollo Territorial S.A.).
	Secretaría de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) Departamental, como actor transversal

Fuente: elaboración propia.

Para localizar los proyectos, intereses y demás información de los actores, se realizó una caracterización de los actores por medio de información obtenida de fuentes secundarias y de talleres realizados en el marco del proyecto Agrópolis Mactor a lo largo del año 2017, acogiendo algunas de las aportaciones dadas por [Algranati, Bruni y Iotti \(2012\)](#), respecto a los atributos de los actores a considerar, se destacan: actividades vinculadas con el tema o problema en cuestión; alcance/área de cobertura: nacional, provincial, local, barrial, regional; articulación con otros actores (alianzas y tensiones).

Etapa 2: identificar los retos estratégicos y los objetivos asociados

Godet (1993) define los retos estratégicos como los campos de batalla donde los actores se van a enfrentar y que pueden ser declinados bajo la forma de uno o varios objetivos respecto de los cuales los actores son aliados, se encuentran en conflicto o son neutros. Según [Hernández y Tabares \(2010\)](#), los retos estratégicos son la meta estratégica para el desarrollo o estancamiento del sistema. Responde a la pregunta ¿qué?, por su parte, los objetivos estratégicos responden a la pregunta ¿cómo? Los factores,

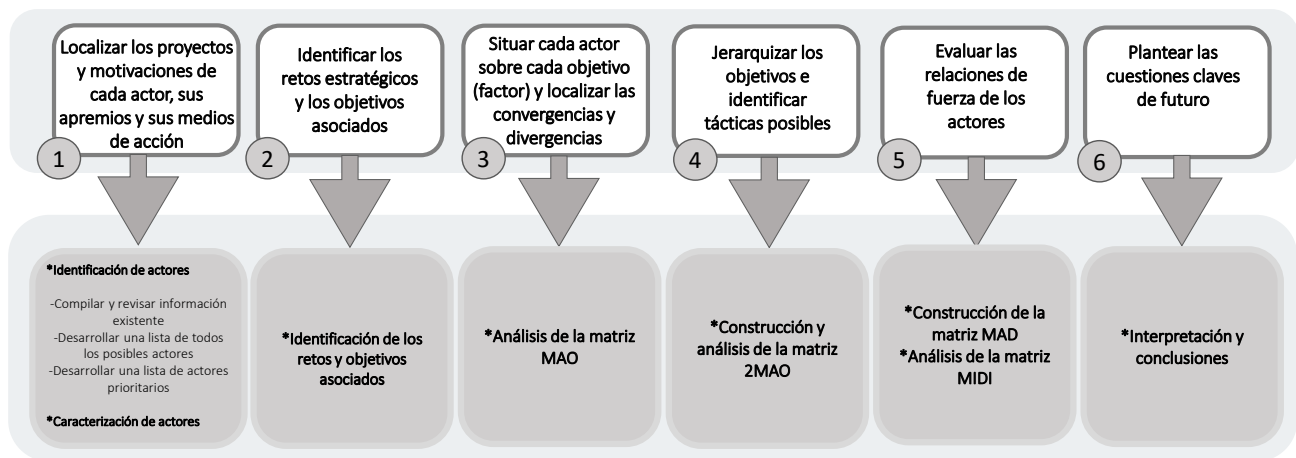


Figura 1. Metodología Mactor

Fuente: elaboración propia.

también entendidos como los objetivos estratégicos, fueron establecidas por el equipo de investigadores del proyecto Agrópolis Mactor, mediante avances en la revisión de la literatura, talleres desarrollados en 2017, y de los aportes realizados por la Mesa del Sistema de Innovación Agroindustrial de Santander (MIA), cabe resaltar que cada uno de estos factores es visto como un objetivo y están estrechamente relacionadas con el trabajo colaborativo. Los factores más relevantes que se han identificado son:

1. Confianza entre actores (obj. 1).

2. Identidad Cultural (Obj. 2).

3. Compromiso de los actores (obj. 3).

4. Articulación entre actores (obj. 4).

5. Cambio climático (obj. 5).

6. Capacitación en temas del agro (obj. 6)

7. Apropiación de tecnologías (obj. 7).

8. Continuidad a políticas y proyectos (obj. 8).

9. Financiación de proyectos e iniciativas (obj. 9).

10. Proyección en el desarrollo rural (obj. 10).

11. Vías terciarias (obj. 11).

12. Centros de acopio (obj. 12).

Etapa 3: situar cada actor frente a cada objetivo (factor) y localizar las convergencias y divergencias

Para valorar la posición de cada actor frente a cada objetivo (que para efectos de esta investigación, se asumió como objetivo cada uno de los factores tratados), fue necesario llevar a cabo la construcción de la matriz 1MAO, que es la matriz de orden 1, y refleja la posición (opuesta, neutral, favorable) de los actores respecto a los objetivos planteados. La matriz 1MAO se muestra en la [tabla 2](#).

Etapa 4: jerarquizar los objetivos (factores) e identificar tácticas posibles

Es necesario destacar que a través de la matriz 2MAO, se considera la jerarquía de los objetivos, que varía de un actor a otro, pues con la matriz 1MAO, solo se toman en

cuenta el número de convergencias y divergencias de objetivos ([Godet, 1993](#)).

La construcción de la matriz 2MAO, que se muestra en la [tabla 3](#), fue resultante del consenso de algunos de los socios y aliados que apoyan el proyecto Agrópolis Mactor, utilizando la siguiente escala, que indica la intensidad de su posicionamiento y caracteriza el grado de prioridad del objetivo para el actor: 4, imprescindible para la existencia del actor; 3, imprescindible para el cumplimiento de la misión del actor; 2, imprescindible para el éxito de los proyectos del actor; 1, imprescindible para los procesos operativos del actor; 0, si no tiene incidencia. (+) Si su incidencia es positiva; (-) si su incidencia es negativa.

Etapa 5: evaluar las relaciones de fuerza de los actores

Tabla 2. Matriz de primer orden 1MAO

MATRIZ 1MAO	OBJ. 01	OBJ. 02	OBJ. 03	OBJ. 04	OBJ. 05	OBJ. 06	OBJ. 07	OBJ. 08	OBJ. 09	OBJ. 10	OBJ. 11	OBJ. 12	SUMA ABSOLUTA
CAS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Corpoica (Agrosavia)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
SecAgro	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8
SecTic	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	5
Cámaras de comercio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Banagro	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	9
PNUD ONU	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	9
Findeter	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	4
M. Comunicac.	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	4
Número de acuerdos	5	6	5	5	7	5	7	8	9	7	7	4	
Número de desacuerdos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Número de posiciones	5	6	5	5	7	5	7	8	9	7	7	4	

Fuente: Mactor© versión 5.1.2-2003/2004.

Para evaluar las relaciones de fuerza de los actores, es decir, la capacidad que tiene un actor de imponer sus prioridades a los otros, se llevó a cabo la construcción de matriz de influencias directas (MID), que se presenta en la [tabla 4](#), en ella se refleja el grado de influencia directa que tiene un actor sobre todos los demás actores. La MID fue resultante del consenso de algunos socios y aliados, logrando lo anterior mediante la utilización de la siguiente escala que describe las influencias directas entre los actores: 4: el actor A_i puede cuestionar la existencia del actor A_j . 3: el actor A_i puede cuestionar las misiones del actor A_j . 2: el actor A_i puede cuestionar los proyectos del actor A_j . 1: el actor A_i puede cuestionar,

de forma limitada en tiempo y en espacio, los procesos operatorios (gestión, etc.) del actor A_j . 0: el actor A_i no tiene medios de acción sobre el actor A_j .

RESULTADOS

Eta **6:** plantear las cuestiones claves de futuro

La matriz 1MAO, que se presenta en la [tabla 2](#), revela que el objetivo 9, asociado a la financiación de proyectos e iniciativas, es el de mayor número de convergencias, y el objetivo 12, relacionado a la formación de centros de acopio presenta un menor número de acuerdos. Cabe resaltar que

Tabla 3. Matriz de segundo orden 2MAO

MATRIZ 2MAO	OBJ. 01	OBJ. 02	OBJ. 03	OBJ. 04	OBJ. 05	OBJ. 06	OBJ. 07	OBJ. 08	OBJ. 09	OBJ. 10	OBJ. 11	OBJ. 12	SUMA ABSOLUTA
CAS	3	3	2	3	3	2	1	3	2	3	1	1	27
Corpoica (Agrosavia)	3	3	2	3	3	3	3	3	2	3	1	2	31
SecAgro	0	0	0	0	2	2	2	2	2	4	2	2	18
SecTic	0	0	0	0	2	0	2	2	2	1	0	0	9
Cámaras de comercio	3	2	3	3	2	2	1	2	2	2	1	1	24
Banagro	2	1	2	2	0	0	2	2	2	3	1	0	17
PNUD ONU	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	0	0	18
Findeter	0	0	0	0	2	0	0	2	2	0	2	0	8
M. Comunicac.	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	5
Número de acuerdos	13	13	11	13	16	11	12	18	17	18	9	6	
Número de desacuerdos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Número de posiciones	13	13	11	13	16	11	12	18	17	18	9	6	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Matriz de influencias directas (MID)

MID	CAS	Corpoica (Agrosavia)	Sec Agro	Sec TIC	Cámara de comercio	Banagro	PNUD	Findeter	M. Comunicaciones	Influencia total
CAS		0	2	2	1	1	0	2	0	8
Corpoica (Agrosavia)	0		2	2	0	0	0	0	0	4
Sec Agro	2	0		1	0	0	0	0	0	3
Sec Tic	0	2	1		0	0	0	2	0	5
Cámara de comercio	0	0	2	2		0	2	2	0	8
Banagro	2	0	0	0	0		0	0	0	2
PNUD ONU	2	2	2	2	2	0		2	0	12
Findeter	2	0	2	2	2	1	0		0	9
M. Comunicac.	1	1	1	1	1	1	1	1		8
Dependencia total	9	5	12	12	6	3	3	9	0	

Fuente: elaboración propia.

ningún actor se opone al cumplimiento de algún objetivo específico. Así mismo, la CAS, Corpoica (Agrosavia) y las Cámaras de Comercio, son los actores que convergen hacia todos los objetivos propuestos en el análisis, esto puede ser debido a su naturaleza de apoyo en diferentes aspectos de investigación-desarrollo e innovación, que contribuyen con la sinergia del sistema objeto de estudio. Por otro lado, con el uso del software Mactor[®] versión 5.1.2-2003/2004, a partir de la matriz de entrada MID, se obtiene el plano de influencias y dependencias, que se muestra en la [figura 2](#), el cual revela cuatro posiciones: la de los actores dominantes, la de los dominados, la de los actores repetidores o enlace y, finalmente, la de los actores autónomos ([Godet y Durance, 2009](#)). En el plano se identifica al PNUD ONU, los medios de comunicación y las cámaras de comercio como los actores dominantes de todo el sistema, manteniéndose PNUD ONU como el actor más influyente; se evidencia a la CAS y las secretarías departamentales (Agricultura y TIC) con baja dotación para conseguir sus objetivos, por tener la más baja influencia y

la mayor dependencia en el sistema. Cabe resaltar para este caso, la ausencia de actores enlace dentro del sistema.

- Matriz 3MAO. La matriz resultante de posición valorada (con respecto a la competitividad) 3MAO describe la posición de cada actor respecto a cada objetivo. Esto es, teniendo en cuenta su posición (opuesta, neutral, favorable) sobre cada objetivo, su jerarquía objetiva y la competitividad entre los actores, caracterizada a través del coeficiente R_i^* , estos tres puntos permiten ajustar el modelo a la realidad. La matriz 3MAO resulta del siguiente cálculo que se muestra en la [ecuación \(1\)](#) realizado por el software Mactor:

$$3MAO = R_i^* \cdot 2MAO \quad (1)$$

En la [tabla 5](#). se muestran los datos asociados a la matriz 3MAO. Dos aspectos que se pueden analizar de esta son el grado de movilización por objetivo y por cada uno de los actores considerados. Adicionalmente el software Mactor, a partir de la

matriz 3MAO, permitió obtener los gráficos de convergencias y divergencias entre los actores, los cuales se presentan en las figuras 3 y 4, respectivamente.

En la figura 3. se aprecia, una convergencia fuerte entre PNUD ONU y las cámaras de comercio, los cuales poseen la convergencia más fuerte del sistema, esto se debe a que tienen la misma posición en objetivos específicos, este resultado puede estar asociado a que estos dos actores son promotores del desarrollo, sin tener intereses individuales, esto es debido a que las cámaras de comercio están orientadas a apoyar el fortalecimiento del tejido empresarial y el PNUD ONU trabaja por una mejor calidad de vida de la sociedad, soportada en la filosofía de la sostenibilidad. Por su parte, el gráfico que hace alusión al comportamiento divergente en el sistema objeto de estudio, muestra la ausencia de las mismas, esto se debe a que no existen oposiciones respecto a ningún objetivo del sistema, lo cual se refleja en la matriz de entrada 2MAO, cuyas valoraciones en su totalidad son positivas.

CONCLUSIONES

A través de la interacción entre actores claves identificados, Mactor permitió visionar la Agrópolis Santander-Magdalena Medio como estrategia para la construcción de paz, siendo esto posible a través del conocimiento sobre las expectativas e intereses de los actores para el desarrollo de la región. Los resultados revelan el apoyo de los actores para el logro de la Agrópolis Santander Magdalena Medio, debido a la importancia que ha tomado el agro en el marco del posconflicto en Colombia, y que se evidencia en la ausencia de divergencias entre los mismos, por lo que podría afirmarse que los resultados apuntan hacia un escenario ideal. Sin embargo, el gráfico de convergencias entre actores manifiesta plantear acciones orientadas a promover la participación de actores indispensables, como el Gobierno, los medios de comunicación y Findeter, así como sus relaciones con los demás actores para consolidar un sistema que abra paso



Figura 2. Plano de influencias y dependencias entre actores

Fuente: Mactor© versión 5.1.2-2003/2004

Tabla 5. Matriz 3MAO

MATRIZ 3MAO	OBJ. 01	OBJ. 02	OBJ. 03	OBJ. 04	OBJ. 05	OBJ. 06	OBJ. 07	OBJ. 08	OBJ. 09	OBJ. 10	OBJ. 11	OBJ. 12	MOVILIZACIÓN
CAS	2	2	1,3	2	2	1,3	0,7	2	1,3	2	0,7	0,7	17,7
Corpoica (Agrosavia)	0,6	0,6	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,2	0,4	6,5
SecAgro	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	2
SecTic	0	0	0	0	0,4	0	0,4	0,4	0,4	0,2	0	0	1,6
Cámaras de comercio	4	2,7	4	4	2,7	2,7	1,3	2,7	2,7	2,7	1,3	1,3	32,4
Banagro	0,5	0,3	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	0,8	0,3	0	4,3
PNUD ONU	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	0	5,7	5,7	5,7	0	0	51,7
Findeter	0	0	0	0	1,5	0	0	1,5	1,5	0	1,5	0	5,9
M. Comunicac	0	5,3	0	0	0	0	2,6	0	2,6	0	2,6	0	13,2
Número de acuerdos	12,9	16,6	12	12,9	13	11	6,3	13,6	15,4	12	6,8	2,6	
Número de desacuerdos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Grado de movilización	12,9	16,6	12	12,9	13	11	6,3	13,6	15,4	12	6,8	2,6	

Fuente: Mactor© versión 5.1.2-2003/2004.

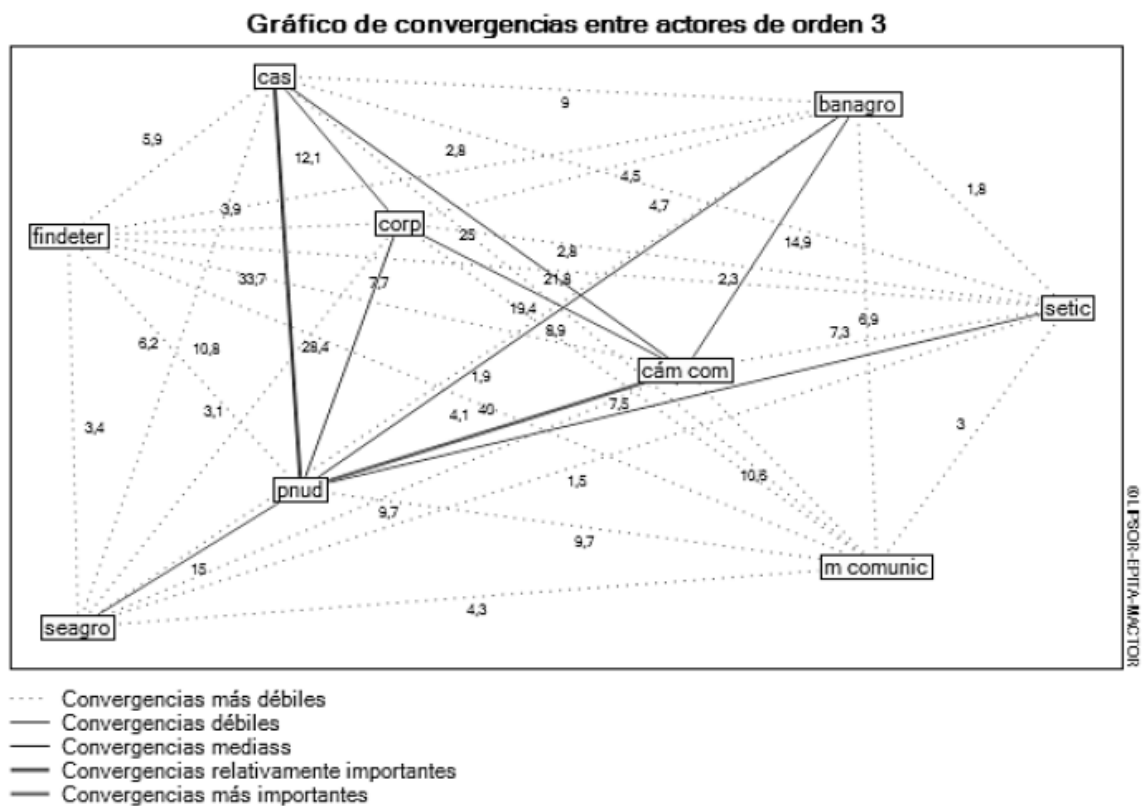


Figura 3. Gráfico de convergencias entre actores de orden 3

Fuente: MACTOR© versión 5.1.2-2003/2004.

Plano de divergencias entre actores de orden 3

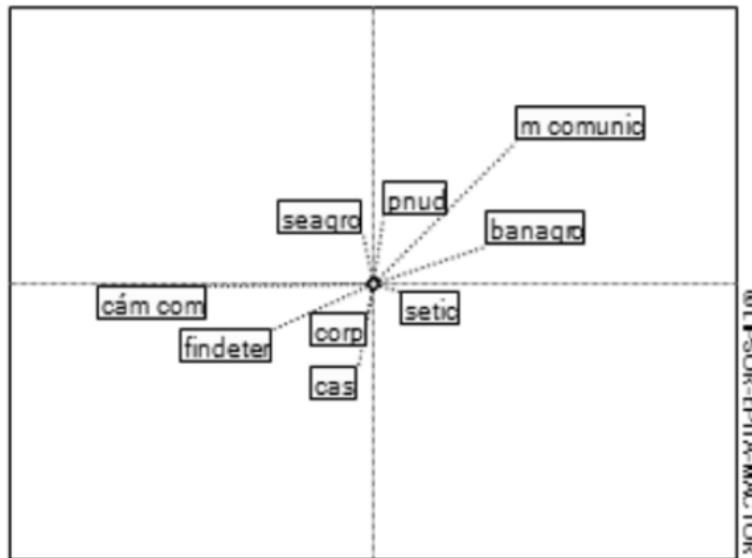


Figura 4. Gráfico de divergencias entre actores de orden 3

Fuente: Mactor© versión 5.1.2-2003/2004

a un escenario de paz territorial. Por otro lado, se evidencia que la evolución del sistema está condicionada por el PNUD ONU, las cámaras de comercio y los medios de comunicación, los actores más poderosos del juego, quienes con cualquier jugada estratégica que realicen, generarán repercusiones significativas en el sistema. En la labor del PNUD ONU como agente de desarrollo, se destaca el cultivo y extensión de alianzas estratégicas con el Gobierno, por lo cual se debe promover espacios de interacción liderados por los mismos, aprovechando su capacidad de asesoría y conocimientos para trabajar conjuntamente con las secretarías de Agricultura y TIC, a fin de lograr acciones concretas por medio de la alineación de políticas públicas que promuevan iniciativas, favoreciendo de esta forma la creación y mejoramiento de vías terciarias, incentivos tributarios a sectores productivos agrícolas, y opciones de financiamiento a empresarios y pequeños agricultores, para lo cual es clave unir esfuerzos con Findeter y el Banco Agrario.

Trabajo Futuro

Dado a que la realidad es cambiante, este modelo puede ajustarse a la realidad por medio de la formulación de distintos escenarios basados en el cambio de las posiciones de los distintos actores frente al logro de los objetivos planteados, que permita plantear estrategias de articulación más acertadas correspondientes a la evolución del sistema.

Financiamiento

El modelo de trabajo colaborativo entre actores es ejecutado bajo la Convocatoria 745 de Colciencias y este trabajo es derivado de una tesis de pregrado como apoyo a esta iniciativa.

REFERENCIAS

- Aguilar, G.N., Olvera, M.J., Martínez, G.E., Aguilar, A.J., Muñoz, R.M. y Santoyo, C.H. (2017). La intervención en red para catalizarla innovación agrícola. *Redes. Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 28(1), 9-31. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/redes.653>

- Algranati, S., Bruno, D. y Iotti, A. (2012). Mapear actores, relaciones y territorios. Una herramienta para el análisis del escenario social. Cuadernos de Cátedra (3). Buenos Aires: Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de <https://animacionsocioculturalunlz.files.wordpress.com/2014/09/algranati-santiago-mapear-actores-territorios-y-relaciones-mod.pdf>
- Almada Navarro, E.M. (2009). El análisis de actores. Metodología para el análisis contextual en Bibliotecología y Estudios de la Información. En F.F. Martínez Arellano y J.J. Calva-González (comps.), Memorias del XXVI Coloquio de Investigación Bibliotecológica y sobre la Información (pp. 167-182). México: Universidad Nacional Autónoma de México, Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas. Recuperado de http://132.248.242.6/~publica/archivos/libros/xxvi_coloquio_cuib.pdf#page=171
- Arocena, J. (2013). El desarrollo local, una aproximación conceptual. +E: Revista De Extensión Universitaria, 3, 6-13. DOI: <https://doi.org/10.14409/extension.v1i3.466>
- Becerra, L., Guarín, L. y Romero, E. (2018). Agrópolis de Santander-Magdalena Medio en Colombia: alternativa para el desarrollo rural en las regiones. En J. Pérez, Congreso Internacional de Investigación e Innovación Multidisciplinario. Universidad Centro de Estudios Cortázar. Guanajuato, México. Recuperado de <http://www.congresoucec.com.mx/Memoria/Memoria3.pdf>
- Benito, P.J., Díaz M.V., Calderón, M.F., Peinado, L.A., Martín C.C., Álvarez S.M. y Pérez T.J. (2007). La revisión bibliográfica sistemática en fisiología del ejercicio: recomendaciones prácticas. (Literature review in exercise physiology: practical recommendation-spractical recommendations). RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte, 3(6), 1-11. DOI: <https://doi.org/10.5232/ricyde2007.00601>
- Caravaca, I., González, G. y Silva, R. (2005). Innovación, redes, recursos patrimoniales y desarrollo territorial. EURE, XXXI(94), 5-24. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0250-71612005009400001>
- Castaño, N y Cardona, M. Factores determinantes en la inestabilidad del sector agrícola colombiano. En Contexto, 2, 91-107. Recuperado de ojs.tdea.edu.co/index.php/encontexto/article/download/137/122
- Cely B., A. (1999). Metodología de los escenarios para estudios prospectivos. Ingeniería e Investigación, 0(44), 26-35. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingev/article/view/21296>
- Cienfuegos, V.M., y Aguilar, M.A. (2011). Actores/agentes universitarios para el desarrollo local. Espacios Públicos, 14(31), 216-226. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67621192012>
- Delgadillo, M.J. (2006). Dimensiones territoriales del desarrollo rural en América Latina. Problemas del desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía, 37(144), 97-120. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2006.144.7607>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2015). Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018. Tomo I. Bogotá, D.C., Colombia Recuperado de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/PND/PND%202014-2018%20Tomo%201%20internet.pdf>.
- EC-FAO (2006). Stakeholders Analysis, Annex I to lesson "understanding te Users' Information Needs". Food Security Information for Action Programme, FAO-EU. Recuperado de <http://www.fao.org/>

elearning/course/f6/en/pdf/trainerresources/annex0140_01.pdf

- Espinosa, J. (2006). La prospectiva territorial: un camino para la construcción social de territorios de futuro. Jiménez, L. Región, espacio y territorio en Colombia (301-336). Colombia, Universidad Nacional de Colombia, 304-321., Facultad de Ingeniería, Departamento de Geografía. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1534/13/12CAPI11.pdf>
- Esteva, P. y Reyes, R. (2003). Manual del promotor y educador ambiental para el desarrollo sustentable (pp. 1-175). México: PNUMA. Recuperado de <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documents/Cecadesu/Libros/202467.pdf>
- Financiera del Desarrollo Territorial S.A. (Findeter), Universidad Industrial de Santander (UIS), Uninorte, Fundación Metrópoli, Microsoft, Ministerio de Hacienda y Gobierno Nacional (2016). Libro Blanco Diamante Caribe y Santanderes. Recuperado de https://issuu.com/findetersa/docs/libro_blanco_diamante_v8_web
- Fitzherbert, E.B., Struebig, M.J., Morel, A., Danielsen, F., Brühl, C.A., Donald, P.F. y Phalan, B. (2008). How will oil palm expansion affect biodiversity? *Trends in Ecology & Evolution*, 23(10), 538-545. DOI: 10.1016/j.tree.2008.06.012. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.06.012>
- Giral, W., Celedón, H., Galvis, E. y Zona, A. (2017). Redes inteligentes en el sistema eléctrico colombiano: revisión de tema. *Tecnura*, 21(53), 119-137, DOI: 10.14483/22487638.12396 <https://doi.org/10.14483/22487638.12396>
- Godet, M. (1993). De la anticipación a la acción. Barcelona, España: Marcombo S.A. Recuperado de <https://administracion.uexternado.edu.co/matdi/clap/De%20la%20anticipaci%C3%B3n%20a%20la%20acci%C3%B3n.pdf>
- Godet, M. (2007). Manuel de prospective stratégique. Tome 2-3ème. Dunod: L'Art et la méthode. Recuperado de http://www.lapropective.fr/dyn/francais/ouvrages/la_prospective_strategique/t2--manuel-de-prospective-strategique-dunod-2007.pdf
- Godet, M. y Durance, P. (2009). Cuaderno del Lipsor. La prospectiva estratégica para las empresas y los territorios. París: Lipsor. Recuperado de <http://www.institutopropectivaestrategica.com/libros/la-prospectiva-estrategica.pdf>
- Gonod, P.F. y Gurtler, J.L. (2002). Évolution de la prospective. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, 9(5), 317-328. DOI: 10.1051/ocl.2002.0317 <https://doi.org/10.1051/ocl.2002.0317>
- Guirao, J.A., Olmedo S.A. y Ferrer F.E. (2008). El artículo de revisión. *Revista Iberoamericana de Enfermería Comunitaria*, 1(1), 1-25. DOI: <http://dx.doi.org/10.4321/S1988-348X2015000200002>
- Hernández, L. y Tabares, L. (2010). Análisis de actores y de escenarios para la identificación de programas estratégicos de investigación en la Universidad Industrial de Santander: Área Biotecnología. [Tesis de grado]. Universidad Industrial de Santander (UIS), Bucaramanga. Recuperado de <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/133961.pdf>
- Jaramillo, P.S. (2006). Pobreza rural en Colombia. *Revista Colombiana de Sociología*, 27, 47-62. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/recs/article/view/7974/8618>

- Méndez, R. (2002). Innovación y desarrollo territorial: algunos debates teóricos recientes. *EURE*, XXVIII(84). DOI: <https://doi.org/10.4067/S0250-71612002008400004>
- Ospina, M.D. (2014). Configuración y transformación del agro en Colombia. Antecedentes del paro agrario. *Divergencia*, (16). Recuperado de <https://revistas.uextornado.edu.co/index.php/diver/article/view/3736>
- Pacheco, P. (2012). Soybean and oil palm expansion in South America: a review of main trends and implications. Working Paper, (90). Indonesia: Center for International Forestry Research (CIFOR). Recuperado de http://www.cifor.org/publications/pdf_files/Wpapers/WP90Pacheco.pdf
- Peña, G., y Rosa, A. (2013). Propuesta de un modelo de inteligencia territorial. *Journal of Technology Management & Innovation*, 8, 36-36. DOI: 10.4067/s0718-27242013000300036 <https://doi.org/10.4067/S0718-27242013000300036>
- Puello, B.M. (2005). "AGRÓPOLIS o el fin de la ciudad-territorio". Aportes conceptuales para un planeamiento físico de base agropolitana. *Bitácora Urbano Territorial*, 1(9), 43-53. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/bitacora/article/view/18736>
- Robitaille, M., Chiasson, G. y Gauthier, M. (2016). De la planification stratégique régionale à la prospective en Outaouais: la difficile construction d'un nouveau rapport au temps. *Cahiers de géographie du Québec*, 60(170), 325-342. DOI: 10.7202/1040538ar <https://doi.org/10.7202/1040538ar>
- Romero Millán, L.M., Cruz Domínguez, M.A. y Sierra Vargas, F.E. (2016). Efecto de la temperatura en el potencial de aprovechamiento energético de los productos de la pirólisis del cuesco de palma. *Tecnura*, 20(48), 89-99. DOI: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.2.a06
- Rother, E. (2007). Editorial. Revisión sistemática × Revisión narrativa. *Acta Paulista de Enfermagem*, 20(2), ix-x. Recuperado de http://www.scielo.br/pdf/ape/v20n2/es_a01v20n2.pdf <https://doi.org/10.1590/S0103-21002007000200001>
- Ruge R., I.A. y Pérez H., W.J. (2017). Diagnóstico tecnológico del uso de dispositivos programables en la industria boyacense. Caso de estudio: cadena agroindustrial de la panela. *Tecnura*, 21(52), 130-147. DOI: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2017.2.a10 <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2017.2.a10>
- Santos, S. y Naumov, A. (2016). Neiva 2032: un estudio prospectivo estratégico territorial. *Sotavento M.B.A.*, (28), 22-33. DOI: <https://doi.org/10.18601/01233734.n28.03>
- Savilaakso, S., García, C., García-Ulloa, J., Ghazoul, J., Groom, M., Guariguata, M. R., ... , Zrust, M. (2014). Systematic review of effects on biodiversity from oil palm production. *Environmental Evidence*, 3(1), 4. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/2047-2382-3-4>.
- Schmeer, K. (2000). Stakeholder analysis guidelines. Section 2. Recuperado de <http://www.who.int/workforcealliance/knowledge/toolkit/33.pdf>
- Silva, H.A., y Vergara, W.V. (2012). El modelo de agrópolis frente a la dialéctica ciudad-campo. *Revista Universidad de La Salle*, (57), 83-95. Recuperado de <https://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ls/article/view/757>

- Tapella, E. (2007). El mapeo de actores claves. Documento de trabajo del proyecto Efectos de la biodiversidad funcional sobre procesos ecosistémicos, servicios ecosistémicos y sustentabilidad en las Américas: un abordaje interdisciplinario. Universidad Nacional de Córdoba, Inter-American Institute for Global Change Research (IAI). Recuperado de <https://planificacionsocialunsj.files.wordpress.com/2011/09/quc3a9-es-el-mapeo-de-actores-tapella1.pdf>
- Turner, E.C., Snaddon, J.L., Ewers, R.M., Fayle, T.M. y Foster, W.A. (2011). The impact of oil palm expansion on environmental change: putting conservation research in context. . DOI: 10.5772/20263. .Santos, A. Environmental Impact of Biofuels, In-Tech. DOI:10.5772/960. Recuperado de <https://www.intechopen.com/books/environmental-impact-of-biofuels/the-impact-of-oil-palm-expansion-on-environmental-change-putting-conservation-research-in-context>
- Vázquez, B.A. (2007). Desarrollo endógeno. Teorías y políticas de desarrollo territorial. Investigaciones Regionales - Journal of Regional Research, (11), 183-210. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28901109>
- Zamudio, R.M. (2012). De la acrópolis a la agrópolis: estrategias en busca de una seguridad alimentaria y sostenibilidad ambiental. Revista Universidad de La Salle, (57), 97-116. Recuperado a partir de <https://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ls/article/view/760>





Tecnologías no convencionales para la remoción de plomo presente en aguas residuales: una revisión bibliográfica 2010-2019

Unconventional technologies for the removal of lead present in wastewater: a 2010-2019 bibliographical review

Dora Luz Gómez Aguilar¹ , Javier Andrés Esteban Muñoz² ,
Deisy Baracaldo Guzmán³ 

Fecha de recepción: 01 de octubre de 2019 **Fecha de aceptación:** 05 de Febrero de 2020

Cómo citar: Gómez-Aguilar, D.L., Esteban-Muñoz, J.A. y Baracaldo-Guzmán, D. (2020). Tecnologías no convencionales para la remoción de plomo presente en aguas residuales: una revisión bibliográfica 2010-2019. *Tecnura*, 24(64). 97-116 <https://doi.org/10.14483/22487638.15849>

RESUMEN

Objetivo: El presente artículo de revisión tuvo como objetivo realizar una indagación bibliográfica de artículos científicos en revistas locales, nacionales e internacionales en el periodo de 2010 a 2019, con relación a las tecnologías no convencionales (biopolímeros, biorremediación y residuos agroindustriales) que se han empleado en la remoción de plomo (Pb), presente en aguas residuales sintéticas o industriales.

Metodología: La investigación adoptó un modelo investigativo de corte cualitativo, de tipo exploratorio. Los aspectos metodológicos

correspondieron a la indagación y elección de artículos científicos (para cada una de las tecnologías no convencionales seleccionadas) del periodo 2010-2019, teniendo como criterio palabras clave; posteriormente, se realizó un análisis de esos contenidos y se diligenciaron dos matrices realizadas en Excel.

Resultados: La revisión bibliográfica permitió observar que: en primer lugar, con relación a las tecnologías no convencionales con mayor tendencia en investigación, empleadas en la remoción de plomo, se encuentran los residuos agroindustriales, seguidos por la biorremediación y por último los biopolímeros, para lo cual se hal-

¹ Licenciada en Química, Magíster en Biología con énfasis en Fitoquímica, Doctora en Desarrollo Sostenible, Docente de la Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia. Contacto: dgomez@pedagogica.edu.co.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5722-9063>

² Tecnólogo en Química Aplicada a la Industria. Tecnólogo en Electricidad Industrial. Licenciado en Química. Candidato a Magíster en Docencia de la Química, Maestrante de la Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia. Contacto: dqu_aestebanm214@pedagogica.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1158-4091>

³ Magíster en Tecnologías de la Información Aplicada a la Educación. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia. Contacto: dbaracaldo@pedagogica.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0866-6822>

laron y seleccionaron 19 para el primero, 13 para el segundo y 9 para el último. De igual forma, los países que han reportado resultados investigativos alrededor de las tecnologías no convencionales seleccionadas, corresponden a: China, Colombia, Corea, Egipto, España, Francia, India, Indonesia, Irán, Nigeria, Malasia, México, Perú, Rumania, Serbia, Singapur y Zimbabue; en contraste, las publicaciones seleccionadas se encuentran en su gran mayoría ubicadas a nivel internacional. Por último, los porcentajes de remoción más alto del orden del 100 % se presentaron con los residuos agroindustriales (para lo cual se han investigado 24); seguido del 98 %, con la biorremediación (donde se han investigado algas rojas y seis cepas de bacterias), y finalmente, los biopolímeros, con 95,32 % (donde el quitosano, el almidón, la queratina, las conchas de caracol y las plumas, se han investigado).

Conclusiones: Las tecnologías no convencionales con mayor tendencia en investigación y aplicación en matrices de aguas residuales industriales, de acuerdo con periodo 2010-2019, corresponden a los residuos agroindustriales; de igual forma, la mayoría de aguas residuales en las que han sido aplicados estos métodos corresponde a las sintéticas, lo que conlleva a exponer que estas deben comenzar a ser implementadas a nivel industrial o un pilotaje, para observar su eficiencia en la remoción de metales pesados, y de forma particular el plomo.

Financiamiento: La investigación llevada a cabo no recibió financiación.

Palabras clave: aguas residuales; plomo; remoción; tecnologías no convencionales.

ABSTRACT

Objective: The objective of this review article was to carry out a bibliographic inquiry at the level of scientific articles in local, national and

international journals in the period from 2010 to 2019, in relation to unconventional technologies (biopolymers, bioremediation, and agroindustrial waste) that they have been used in the removal of lead (Pb), present in synthetic and / or industrial wastewater.

Methodology: The research adopted a qualitative, investigative model of exploratory type. The methodological aspects carried out corresponded to the inquiry and choice of scientific articles (for each of the unconventional technologies selected) in the period from 2010 to 2019, based on keywords; subsequently, an analysis of their content was carried out and two matrices performed in Excel were filled out.

Results: The bibliographic review carried out allowed us to observe that: firstly, in relation to the unconventional technologies with the greatest tendency in research, used in the removal of lead, agroindustrial residues are found, followed by bioremediation and finally biopolymers, for which they found and selected 19 for the first, 13 for the second, and for the last nine. Similarly, the countries that have carried out and reported research results around the selected unconventional technologies correspond to: China, Colombia, Korea, Egypt, Spain, France, India, Indonesia, Iran, Nigeria, Malaysia, Mexico, Peru, Rumania, Serbia, Singapore and Zimbabwe; in contrast, the selected publications are mostly located internationally. Finally, the highest removal percentages of the order of 100% were presented with agroindustrial wastes (for which 24 have been investigated), followed by 98% with bioremediation (where red algae and six strains of bacteria have been investigated) and finally, biopolymers, with 95.32% (where chitosan, starch, keratin, snail shells and feathers, have been investigated).

Conclusions: The unconventional technologies with greater tendency in research and application in industrial wastewater matrices, ac-

According to the 2010-2019 period, correspond to agroindustrial waste; In the same way, the majority of wastewater in which these types of methods have been applied correspond to the synthetic ones, which leads to exposing that these must begin to be implemented at an industrial level or a pilot, to observe their ef-

iciency in the removal of heavy metals, and particularly lead.

Financing: The investigation carried out did not receive funding.

Keywords: Wastewater; lead; removal; unconventional technologies.

INTRODUCCIÓN

Uno de los retos del siglo XXI es mitigar el impacto ambiental producido por los metales pesados provenientes de actividades antropogénicas de sectores industriales, como: explotaciones mineras, fotografía, cerámicas, pinturas, galvanoplastia, electrónica y curtiembres, entre otras (León, Córdoba y Carreño, 2016; Gómez et al., 2019). Esto se debe a que dichos contaminantes inorgánicos no se biodegradan, se bioacumulan y se biomagnifican a lo largo de la cadena trófica, trayendo impactos negativos al ecosistema (Londoño-Franco, Londoño-Muñoz y Muñoz-García, 2016).

De acuerdo con lo anterior, según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2011) son trece los metales pesados con mayor incidencia en la salud y en el ambiente, entre los cuales se encuentran: Hg, Pb, Cr, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, As, Cd, Ni, Sn y Fe. Por esta razón, universidades como Columbia y Yale, desde 1999, han desarrollado sistemas de evaluación de desempeño ambiental, entre los cuales se encuentra el indicador de desempeño ambiental (EPI, por su sigla en inglés), el cual permite medir las políticas ambientales de 180 países, los cuales deben relacionarse con las metas propuestas de los Objetivos del Desarrollo

lo Sostenible, promulgados en la Agenda 2030 (Ojeda, Spoor y Estrada, 2017).

Por esta razón, los metales pesados se han convertido de uno de los 24 indicadores del EPI, que forman parte del objetivo y de la política de salud ambiental; de ellos, el único metal que se tiene referenciado por su alto grado de toxicidad y por las repercusiones en la salud, en contraste con los trece catalogados por la OMS, corresponde al plomo. Esto se debe a que, dicho contaminante inorgánico ha sido clasificado como una amenaza ambiental (por su prevalencia en el agua, suelo y aire) y la salud de mujeres embarazadas y niños (Wendling et al., 2018), y la medición en la exposición a este metal se emplea el número de años de vida ajustados por discapacidad estandarizados por edad (AVAD) que se pierden por cada 100 000 personas, debido a este riesgo. Teniendo en cuenta este último aspecto, y lo mencionado anteriormente, la población infantil es sensible a esta sustancia, dado que puede absorber de cuatro a cinco veces más que un adulto, lo cual puede ocasionar problemas cognitivos como retraso mental, dificultades de aprendizaje, trastornos de conducta, anemia, daño en los riñones y el cerebro, debilidad muscular. Para el caso de las mujeres en etapa de embarazo, puede llevar a malformaciones fetales, nacimientos prematuros e, incluso,

a producir abortos espontáneos (Abadin et al., 2007; Wendling et al., 2018).

El plomo (Pb) es un metal de número atómico 82, masa atómica 207,20 g/mol, ubicado en el grupo 14, el cual tiene 38 isótopos, 2 estados de oxidación usuales, 2+ y 4+ y 514 minerales a nivel de la corteza terrestre que contienen este elemento en su composición química (Barthelmy, 2014). A nivel de sus aplicaciones se encuentran: baterías, metalurgia, industria farmacéutica, pigmentos, tuberías (ATSDR, 2007).

En cuanto a las repercusiones a la salud que puede ocasionar una exposición prolongada al plomo se encuentran: daño en los riñones, el sistema nervioso central (SNC) y el esperma, hemorragias retinianas y neuritis del nervio óptico, abortos espontáneos, y efectos negativos sobre el aprendizaje y el comportamiento en los niños (ATSDR, 2007; Abadin et al., 2007). En contraste, una de las enfermedades profesionales desarrollada por este metal, y que en el contexto de Colombia se encuentra contemplada en el Decreto 2566 de 2009, corresponde al saturnismo.

Con relación a los límites máximos permisibles (LMP - mg/L Pb), para el caso de las aguas residuales, se tienen establecidos particularmente para las industrias de curtiembres a nivel de algunos países del continente sur americano, así: Guayaquil y Guatemala (0,2) (Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente de Guayaquil, 2004; Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, 2005); Perú (0,5) (Sedapal, 2009); para Colombia, Venezuela y Brasil no se contempla en las regulaciones correspondientes.

Para el caso de EE. UU., el LMP es de 0,10 mg/L Pb (U.S. Environmental Protection

Agency, 2014); en el continente europeo, Finlandia, Grecia e Indonesia no lo contemplan en sus regulaciones, a diferencia de Madrid y Bangladesh que exponen un LMP de 1,0 y 0,1, respectivamente (Consejería de Presidencia y Portavocía del Gobierno Comunidad de Madrid, 2005; UNEP, 1999).

En complemento, atendiendo al EPI, cabe indicar que de acuerdo con la métrica de 2018 dada por la Universidad de Yale, los países que lideran el manejo adecuado de la contaminación producida por el plomo están: Suecia, Alemania, Japón y Finlandia; esto se debe a que han mejorado las regulaciones y mecanismos de monitoreo en la salud humana y ambiental, a diferencia de países como Afganistán, Haití, Pakistán y Bangladesh, que se encuentran catalogados como rezagados en la exposición a Pb, dado que en sus actividades industriales continúan empleando este metal, sin implementar políticas rigurosas que conlleven al aseguramiento de la salud de las personas expuestas, así como el manejo de los residuos generados y que incorporen dicho metal (Wendling et al., 2018).

Por otra parte, entre los métodos de remoción reportados para el Pb se encuentran las tecnologías convencionales, como: adsorción con carbón activado, precipitación química (en soluciones alcalinas, precipitando como $Pb(OH)_4$) y coagulantes inorgánicos. De igual forma, las tecnologías avanzadas empleadas son: filtración por membrana, ultrafiltración, microfiltración, electrodiálisis, electrocoagulación, ósmosis inversa, intercambio iónico y cementación (Caviedes et al., 2015; García V., García U. de Plaza, 2016). Estas dos técnicas, aunque son muy eficientes, presentan también ciertas desventajas como: alto costo en su

implementación y mantenimiento en sistemas de tratamiento de aguas residuales (STAR), generan una cantidad considerable de lodos contaminados con el metal removido y, a su vez, no son asequibles económicamente para las diferentes industrias que empleen este metal en sus procesos.

Por esta razón, la presente investigación se enfocó en realizar una revisión bibliográfica entre el periodo de 2010 a 2019, con relación a las tecnologías no convencionales (también conocidas como verdes o limpias, (Amaringo y Hormaza, 2018), que se han empleado

para la remoción de Pb (II), presente en aguas residuales sintéticas o industriales. El interés de los autores por indagar estas técnicas se debe a que, en comparación con los métodos anteriormente mencionados, son de fácil adquisición, implementación y mantenimiento en los STAR, no generan un volumen de lodo considerable y a su vez son biodegradables, lo cual permite que sean reutilizados como compostaje; entre los métodos no convencionales indagados se encuentran: biopolímeros, biorremediación y residuos agroindustriales; esto con el fin de analizar su aplicación en matrices reales.

Tabla 1. Biopolímeros empleados en la remoción de plomo presentes en aguas residuales (2010-2019)

Año	Revista	País	Autor	Tipo de bio polímero	Fuente	Ref.
2019	Royal Society of Chemistry	India	Manzoor K, Ahmad M, Ahmad S, Ikram S	Quitosano modificado	Manzoor et al. (2019)	[4]
2019	AIP Conference Proceedings	Malasia	Nurul Huda Baharuddin, Nik Meriam Nik Sulaiman, Mohamed Kheireddine Aroua, Mohd Ghazali Mohd Nawawi, Mohd Azraai Kassim, Mohd Roslee Othman, y Irvan Dahlan	Almidón	Baharuddin et al. (2019)	[1]
2019	Sustainable Environment Research	Morocco	Ablouh E, Hanani Z, Eladlani N, Rhazi M, Taourirte M	Microesferas de quitosano con alginato de sodio	Ablouh et al. (2019)	[7]
2014	Chemical Engineering Journal	China	Kong J, Yue Q, Sun S, Gao B, Kan Y, Li Q, Wang Y	Residuos de Queratina	Kong J et al. (2014)	[5]
2016	Environmental Technology & Innovation	India	Anantha R, Kota, S.	Plumas Dromaius novaehollandiae (DNF) y Quitosano	Anantha y Kota (2016)	[8]
2016	Scientific Reports	China	Li B, Zhou F, Huang K, Wang Y, Mei S, Zhou Y, Jing T	Polietilenimina	Li et al. (2016)	[9]
2012	2nd International Conference on Environment and BioScience	Singapur	Michelle Castañeda, Ma. Stalin Mirasol, Lora Elaine Raymundo, Judilyn Solidum	Conchas de caracol de agua dulce Melanoides tuberculata Muller (Family Thiaridae)	Castañeda et al. (2012)	[2]
2010	African Journal of Biotechnology	Nigeria	Bamgbose J. T, Adewuyi S, Bamgbose O. y Adetoye A. A.	Quitosano	Bambose et al. (2010)	[3]
2010	Journal Environmental Sciences	Malasia	Wan Ngah W, Fatinathan S	Quitosano y derivados	Wan Ngah y Fatinathan (2010)	[6]

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Variables óptimas de remoción para plomo presente en aguas residuales empleando biopolímeros

Tipo de biopolímero	Metal pesado	Especie química	Tipo de agua residual	Volumen agua residual (ml)	Concentración inicial del contaminante (mg/l)	pH óptimo (unidades de pH)	pH PCC	Tiempo de contacto óptimo (min.)	Temperatura (°C)	Tamaño de partícula	Dosis biopolímero (g/l)	Agtación (rpm)	Modificación química	Modelo cinético	Isoterma de absorción
Almidón no modificado	Pb	II	Sintética	250	10	2,0 a 5,0	NA	NE	26	NE	0,5	NE	NA	NE	NE
Conchas de caracol	Pb	II	Sintética	100	2	5,5	NA	480	27 a 30	0,25 mm	50	NE	NA	Pseudosegundo orden	NA
Quitosano	Pb	II	Sintética	25	100 a 1000	4,5	NA	NE	25	0,35 - 0,5 mm	4	180	NA	NE	Themkin
Quitosano modificado	Pb	II	Sintética	NE	50	6,5	NA	60	42	NE	NE	NE	Con modificación química	Pseudosegundo orden	Langmuir
Residuos de queratina	Pb	II	Sintética	NE	25 - 150	5,5	NA	NE	NE	50 - 60 malla	1	160	Con modificación química	Pseudosegundo orden	Langmuir
Quitosano y derivados	Pb	II	Sintética	50	10	4,5	7,29	100	NE	0,3269 m ² /g Sup.	1	400	Con modificación química	NE	Langmuir y Freundlinch
Quitosano modificado	Pb	II	Sintética	NE	300	3 a 5	6,6	NE	20 - 55	área	NE	NE	Con modificación química	NE	Langmuir
	Pb	II	Sintética	50	20	4,0	NA	70	30	NE	6	180			
Plumas <i>Dromaius novaehollandiae</i> (DNF) y Quitosano	Pb		Sintética				NA						Con modificación química	Pseudosegundo orden	Freundlinch
Gelatina con Polietilenimina	Pb	II	Sintética	20	10 a 50	6,0	NA	720	NE	NE	10	200	Con modificación química	Pseudosegundo orden	Langmuir

*NA: no aplica

**NE: no específica

Fuente: elaboración propia.

Metodología: La investigación llevada a cabo fue de tipo exploratoria-cualitativa, dado que los autores realizaron una revisión bibliográfica.

Los criterios de búsqueda de artículos tuvieron presentes las siguientes palabras clave: tecnología no convencional, plomo, absorción, remoción, biopolímeros, biorremediación y residuos agroindustriales. Posteriormente, se elaboraron dos matrices en Excel para analizar los contenidos de acuerdo con los escritos seleccionados; para la primera matriz, se observó año del artículo, revista, país, autor(es), tipo de tecnología no convencional, fuente bibliográfica; por último, para la segunda matriz, los aspectos a analizar correspondieron a: tipo de tecnología no convencional, especie química, tipo y volumen de agua residual, concentración inicial del contaminante, pH óptimo de remoción, tiempo de contacto óptimo, temperatura, tamaño de partícula, dosis, agitación, modificación química, modelo cinético e isoterma de adsorción, capacidad máxima de adsorción y porcentaje de eficiencia.

RESULTADOS

Biopolímeros empleados en la bioadsorción de Plomo

De conformidad con lo expuesto, en la tabla 1 se observa que los países que han reportado más investigaciones en torno a los biopolímeros, como tecnologías no convencionales en la remoción de plomo presente en aguas residuales, corresponden a India, Malasia, China, Singapur y Nigeria; de igual forma, los

reportes investigativos se han expuesto en revistas internacionales.

De acuerdo con los resultados expuestos en las [tablas 1 y 2](#), y según la revisión bibliográfica realizada entre 2010 y 2019, correspondiente a artículos científicos relacionados con la remoción de Pb empleando biopolímeros, se seleccionaron nueve documentos.

Dentro de los biopolímeros que se han investigado, de esos nueve, se encuentran cinco artículos relacionados con quitosano; tres de ellos con modificación química donde la eficiencia de remoción osciló entre 95 % a 95,3 %, mientras que el quitosano sin modificación química la eficiencia fue del 80 %, lo que indica que las modificaciones químicas mejoraron la eficiencia por encima de un 15%.

Adicionalmente, las capacidades de máxima adsorción fueron más altas también con el quitosano modificado entre 182,5 a 189 mg/g.

Por otro lado, dos artículos, de los nueve seleccionados, relacionaron a la queratina con porcentajes de remoción del 93,5%, con una capacidad de máxima adsorción entre 32,36 y 70,42 mg/g; los valores difirieron, dado que las dosis empleadas del bioadsorbente fueron de 1 g/l y 6 g/l, respectivamente.

Por último, los dos artículos restantes hacen referencia a dos biopolímeros como el almidón y la gelatina con polietilenimina, cuyos porcentajes de remoción corresponden al 80 % y 89,9 %, respectivamente, y la capacidad de máxima adsorción solo fue reportada en la gelatina modificada con un valor de 80,6 mg/g.

Biorremediación empleada en la bioadsorción de plomo

Tabla 3. Algas, levaduras, hongos y bacterias empleadas en la bioadsorción de plomo presente en aguas residuales (2010-2019).

Año	Revista	País	Autor	Tipo de bio polímero	Fuente	Ref.
2018	PLOS ONE	China	Feng C.L., Li, J., Li, X., Li, K.L., Luo, K., Liao, X.S.	<i>Verticillium insectorum</i> J3	Feng et al. (2018)	[14]
2018	Cremosphere	China	Wen, X., Du, C., Zeng, G., Huang, D., Zhang, J., Yin, L., Tan, S., Huang, L., Chen, H., Yu, G., Hu, X., Lai, C., Xu, P., Wan, J.	<i>Bacillus licheniformis</i>	Wen et al. (2018)	[17]
2017	Biotechnology Reports	India	Kalita, D. y Joshi, S.	<i>Pseudomonas sp.</i> W6	Kalita D. y Joshi S. (2017)	[16]
2016	Int. J. Pharm. Sci	India	Das, M. y Kumari, N.	<i>Enterobacter sp.</i> y <i>Klebsiella sp.</i>	Das M. y Kumari N. (2016)	[11]
2016	Int. J. Environ.	India	Ojoawo, S.O., Rao, C.V. y Goveas, L.C.	<i>Brevibacterium sp.</i>	Ojoawo, S.O., Rao, C.V y Goveas, L.C. (2016)	[13]
2015	BioMed Research International	España	Muñoz, A., Espínola, F., Moya, M., Ruiz, E.	<i>Klebsiella sp.</i>	Muñoz et al. (2015)	[10]
2015	Indian Journal of Geo-Marine Sciences	India	Kumar, D., Santhanam, S., Jayalakshmi, T., Nandakumar, R.S., Ananth, A., Shenbaga, D., Balaji, P.	<i>Chlorella marina</i>	Kumar D. et al. (2015)	[22]
2015	Water Science & Technology	China	Ye, J., Xiao, H., Xiao, B., Xu, W., Gao, L., Lin, G.	<i>Alga roja Porphyra leucosticta</i>	Ye et al. (2015)	[18]
2014	Advances in Chemistry	Egipto	Hassan, H.H., Ali El-Shaar, Essam Khamis y El-Sayed Mansour	<i>Enteromorpha algae and its silicates bonded material</i>	Hammud et al. (2014)	[21]
2014	Ciencia e Ingeniería Neogranadina	Colombia	Lisette Vizcaíno Mendoza y Natalia Fuentes Molina	Algas rojas	Vizcaino y Fuentes (2014)	[12]
2012	J. Environ Biol.	India	Kumar, J.I. y Oammen, C.	Algas <i>Spirogyra hyalina</i>	Kumar y Oommen (2012)	[20]
2011	Journal of Medicinal Plants Research	Irán	Imani, S., Rezaei-Zarchi, S., Hashemi, M., Borna, H., Javid, A., Mohamad, Z., Hossein, A.	Alga <i>Dunaliella</i>	Imani et al. (2011)	[19]

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Variables óptimas de bioadsorción para plomo, empleando algas, levaduras, hongos y bacterias en aguas residuales.

Tipo de biopolímero	Metal pesado	Especie química	Tipo de agua residual	Volumen agua residual (ml)	Concentración inicial del contaminante (mg/l)	pH óptimo (unidades de pH)	Tiempo de contacto óptimo (min)	Temperatura (°C)	Tamaño de partícula	Dosis biopolímero (g/l)	Agitación (rpm)	Modificación química	Modelo cinético	Isoterma de absorción
<i>Klebsiella sp.</i>	Pb	II	Sintética	50	25	5		30	NA	0,4	200	NA	Pseudosegundo orden	Langmuir
<i>Enterobacter sp.</i> / <i>Klebsiella sp.</i>	Pb	II	Sintética	100	200	4	2880	33 a 37	NA	NE	180	NA	NE	NE
<i>Algas rojas</i>	Pb	II	Sintética	100	2,2	4,5	180	28	NA	50	200	NA	NE	NE
<i>Brevibacterium sp.</i>	Pb	II	Sintética	2000	NE	6,5 - 6,8	1440	37	NA	1,0 - 8,0	120	NA	NE	NE
<i>Verticillium insectorum J3</i>	Pb	II	Sintética	1000	250	4	4320 - 11520	30	NA	2	120	NA	NE	NE
<i>Pseudomonas sp. W6</i>	Pb	II	Sintética	5	20	NE	720	25	NA	NE	120	NA	NE	NE
<i>Bacillus licheniformis</i>	Pb	II	Sintética	100	200	6	720	30	NA	0,7	150	NA	Pseudosegundo orden	Langmuir
<i>Alga roja Porphyra leucosticta</i>	Pb	II	Sintética	50	10	8	120	30	NA	15	150	NA	NE	NE
<i>Alga Dunaliella</i>	Pb		Sintética	100	40	NE	240	30	NA	NE	NE	NA	NE	NE
<i>Algas Spirogyra hyalina</i>	Pb	II	Sintética	NE	20 - 80	NE	120	NE	NA	NE	180	NA	NE	Freundlinch
<i>Alga Enteromorpha</i>	Pb	II	Sintética	25	300	3	120	25	NA	12	200	NA	Pseudosegundo orden	Langmuir
<i>Chlorella marina</i>	Pb	II	Doméstica	1000	0.198	4	NE	25	NA	NE	NE	NA	NE	NE

Fuente: elaboración propia.

Cabe resaltar que las metodologías investigativas dilucidadas en los reportes muestran su aplicación en matrices de aguas residuales sintéticas. En la [tabla 3](#), se observa que los países que han reportado más investigaciones en torno a la biorremediación, como tecnologías no convencionales en la remoción de plomo presente en aguas residuales, son: India, China, Colombia, Corea, Egipto, España, Irán; de igual forma, los reportes investigativos se han expuesto en revistas internacionales y una nacional.

De acuerdo con los resultados de las [tablas 3 y 4](#), de la revisión bibliográfica realizada entre 2010 y 2019,

correspondiente a artículos científicos relacionados a la remoción de plomo empleando la biorremediación, se seleccionaron doce. De estos, seis hacen referencia a investigaciones con algas rojas, cinco a bacterias y los restantes a levaduras y hongos.

En cuanto a las eficiencias reportadas en algas, se encontró que estas oscilan entre el 87 % y 97,3 %, mientras que a nivel de las bacterias el intervalo se encuentra entre el 0 % al 98 %, donde cero se reportó con la especie *Brevibacterium sp.* y el 98 % con la *Bacillus licheniformis*.

Tabla 5. Residuos agroindustriales que se han empleado en el tratamiento de aguas residuales que contienen plomo (2010-2019).

Año	Revista	País	Autor	Tipo de bio polímero	Fuente	Ref.
2010	Revista de la Sociedad Química del Perú	Perú	Carmencita Lavado Meza, María del Rosario Sun Kou, Salvador Bendezú	Astillas de eucalipto (carbón activado)	Lavado, Sun y Bendezú (2010)	[28]
2010	Journal of Applied Sciences and Environmental Management	Irán	Asrari, E., Tavallali, H. y Hagshenas, M.	Cascarilla de arroz	Elham, Hossein y Mahnoosh (2010)	[33]
2011	Chemical Engineering Journal	México	J. Cruz-Olivares, C. Pérez-Alonso, C. Barrera-Díaz, R. Natividad, M.C. Chaparro-Mercado	Pimienta de Jamaica (residuo obtenido de la	Kalita D. y Joshi S. (2017)	[16]
	hidrod-estilación del aceite)	[30]	Das, M. y Kumari, N.	Enterobacter sp. y Klebsiella sp.	Das M. y Kumari N. (2016)	[11]
2013	American Journal of Analytical Chemistry	Zimbabwe	Mambo Moyo, Linda Chikazaza	Biomasa de borla de maíz	Moyo y Chikazaza (2013)	[41]
2014	Revista de la Sociedad Química del Perú	Perú	María del Rosario Sun-Kou, Daniel Obregón Valencia, Ángela Pinedo Flores, Ana Lucía Paredes, Javier Aylas Orejón	Semillas de aguaje	Sun et al (2014)	[26]
2014	African Journal of Environmental Science and Technology	Nigeria	I.E. Agbozu y F.O. Emoruwa	Cáscara de coco	Agbozu y Emoruwa (2014)	[31]
2014	American Journal of Environmental Protection	Nigeria	Nwankw Ogonna Daniel, Ewuim Sylvanus Chima, Mogbo Tochukwu Chinedu	Cáscara de melón	Nwankw, Ewuim y Mogbo (2014)	[37]

Fuente: elaboración propia.

2015	Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers	Serbia	Marija Petrović, Tatjana Šoštarić, Mirjana Stojanović, Jelena Milojković, Marija Mihajlović, Marija Stanojević, Slavka Stanković	Raw corn Silk	Petrović et al.(2015)	[23]
2015	Prospect	Colombia	Candelaria Tejada Tovar, Erika Ruiz Paternina, Jorge Gallo Mercado, Jason Moscote Bohorquez	Bagazo de palma africana	Tejada et al. (2015)	[24]
2015	Revista Acta Agronómica	Colombia	Jose Herney Ramirez Franco y Maryeni Karina Enríquez Enríquez	Pseudotallo de plátano (Lignina)	Ramírez y Enríquez (2015)	[27]
2011	Journal of Medicinal Plants Research	Irán	Imani, S., Rezaei-Zarchi, S., Hashemi, M., Borna, H., Javid, A., Mohamad, Z., Hossein, A.	Alga Dunaliella	Imani et al. (2011)	[19]
2015	Microporous and Mesoporous Materials	Francia	L. Largitte, T. Brudey, T. Tant, P. Couespel Dumesnil, P. Lodewyck	Semillas de Guayaba (Carbón activado) Cáscaras de almendras tropicales (Carbón activado) Piedras de Dindé (Carbon activado)	Largitte et al. (2015)	[32]
2015	Journal of Industrial and Engineering Chemistry	Zimbabwe	Mambo Moyo, Upenyu Guyo, Grace Mawenyiyo, Ngceboyakwethu P.Zinyama, Benias C.Nyamunda	Cáscara de semilla de marula (Sclerocarya birrea)	Moyo et al. (2015)	[35]
2015	World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Environmental and Ecological Engineering	Nigeria	W. E. Igwegbe, B.C. Okoro y J.C. Osuagwu	Tronco leñoso de papaya (Carica papaya)	Igwegbe, Okoro y Osuagwu (2015)	[40]
2017	New Biotechnology	Romania	Irina Morosanu, Carmen Teodosiu, Carmen Padurarur, Dumitrita Ibanescu, Lavinia Tofan	Biomasa de colza (Brassica napus L.)	Morosanu et al. (2017)	[36]
2018	Bioteconología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial	Colombia	Candelaria Tejada Tovar, Jorge Gallo Mercado, Jeison Moscote, Ángel Villabona, Diofanor Acevedo Correa	Bagazo de palma africana Cáscaras de ñame	Tejada et al. (2018)	[25]
2018	Applied Water Science	India	Poonam, Sushi Kumar Bharti y Narendra Kumar	Bagazo de la caña de azúcar (Biochar)	Poonam, Kumar y Kumar (2018)	[29]
2018	Journal of Environmental Chemical Engineering	Indonesia	Eddy Heraldly, Witri Wahyu Lestari, Diah Permatasari, Devita Dwi Arimurti	Residuos del jugo de manzana Residuos de tomate	Heraldly et al. (2018)	[34]
2018	International Journal of Engineering and Technology (IJET)	Colombia	Candelaria Tejada Tovar, Angel Villabona Ortiz, Diofanor Acevedo Correa, Norida Pajaro Gómez, María Otero Amor	Cáscara de limón (Citrus limonum)	Tejada et al. (2018)	[38]
2019	Chemical Engineering Transactions	Malasia	Abdul Rahman Abdul Rahim, Nurul Ekmi Rabat, Khairiraihanna Johari, Norasikin Saman y Hanapi Mat	Residuos de coco desecados	Abdul et al. (2019)	[39]

Tabla 6. Variables óptimas del proceso de remoción de plomo, empleando residuos agroindustriales

Tipo de residuo agrícola	Metal pesado	Especie química	Tipo de agua residual	Volumen agua residual (ml)	Concentración inicial del contaminante (mg/l)	pH óptimo (unidades de pH)	pH PCC (punto de carga cero)	Tiempo de contacto óptimo (min)	Temperatura (°C)	Tamaño de partícula	Dosis biopolímero (g/l)	Agitación (rpm)	Modificación química	Modelo cinético	Isoterma de adsorción	Capacidad de máxima adsorción (q máx.) (mg/g)	% de eficiencia	Ref.
Raw corn silk	Pb	II	Sintética e Industrial (Minería)	250	200	200	6.0	120	25	1.357 m ² /g	1.0	250	N/A	Pseudosegundo orden	Freundlinch	90	88,5	[23]
Bagazo de palma africana	Pb	II	Sintética	NE	100	100	N/A	10	25	1 mm	5.0	150	Ácido cítrico	Elovich	Langmuir	461	99.56	[24]
Bagazo de palma africana	Pb	II	Sintética	500	100	100	N/A	150	25	0.5 mm	20.0	200	Ácido cítrico	Thomas	Langmuir	62.63	98.04	[25]
Cáscara de ñame	Pb	II														44.56	99.20	
Semillas de aguaje	Pb	II	Sintética	20	2-80	2-80	2.55	240	25	2.6 nm			H3PO4	Pseudosegundo orden	Redlich Peterson	74.80	NE	[26]
Pseudotallo de plátano (lignina)	Pb	II	Sintética	NE	124 - 207	124 - 207	N/A	30	25	0.30 cm ³ /g	2.5	NE	H2SO4	NE	BET	23.27	55.25	[27]
Astillas de eucalipto (Carbón activado)	Pb	II	Sintética e Industrial	50	50-500	50-500	3.0	180	25	761.1 m ² /g	1.0	500	H3PO4	Pseudosegundo orden	Langmuir	142.10	99.70	[28]
Bagazo de la caña de azúcar (Biochar)	Pb	II	Industrial fabricación de bacterias	10000	2.393 ± 0.030	2.393 ± 0.030	N/A	140	25±3	12.628 ± 0.30 m ² /g	5.0	120	Pirólisis 300°C/2.5h	Pseudosegundo orden	Langmuir	12.741	75.38	[29]
Pimienta de Jamaica (Pimenta dioica L. Merrill)	Pb		Sintética	NE	25	25	N/A	90	35	0.836 mm	1.0	200	N/A	Pseudosegundo orden	Langmuir	22.37	95.50	[30]
Cáscara de coco	Pb	II	Sintética	50	0.09	0.09	N/A	60	25	120 mm	24.0	NE	N/A	NE	Langmuir	0.00039	81.10	[31]
Semillas de guayaba (Psidium Guajava)	Pb	II	Sintética Doméstica	1000	90	90	9.60	6000	30	1000 m ² /g	0.5	NE	Pirólisis 800 °C/2h	Elovich	96	100	[32]	
Cáscaras de almendras tropicales (Acrocomia karukerana)	Pb	II												Bangham				Khan

Fuente: elaboración propia.

Tipo de residuo agrícola	Metal pesado Especie química	Tipo de agua residual	Volumen agua residual (ml)	Concentración inicial del contaminante (mg/l)	pH óptimo (unidades de pH)	pH PCC (punto de carga cero)	Tiempo de contacto óptimo (min)	Temperatura (°C)	Tamaño de partícula	Dosis biopolímero (g/l)	Agitación (rpm)	Modificación química	Modelo cinético	Isoterma de absorción	Capacidad de máxima adsorción (q máx.) (mg/g)	% de eficiencia	Ref.
Piedras de Dindé (Terminalia Catappa)	Pb					6.80								Langmuir-Freundlinch	50		[33]
Cascarilla de arroz	Pb	II	30	0.05	9.0	N/A	60	25±1	NE	33.0	NE	N/A	NE	Langmuir	0.6216	96.80	[34]
Residuos del jugo de manzana	Pb	II	25	20 - 100	4.0	N/A	60	25	100 mm	4.0	120	NaOH	Pseudosegundo orden	Langmuir	108	94.00	[35]
Residuos del tomate	Pb	II					90								152		
Cáscara de semilla de marula (Sclerocarya birrea)	Pb	II	50	1000	5.0	N/A	60	20	150 µm	10.0	4000	N/A	Pseudosegundo orden	Langmuir	20	97.40	[36]
Biomasa de colza (Brassica napus L.)	Pb	II	1000	1000	5.2	4.0	180	NE	0.1-0.2 mm	12.0	NE	N/A	Pseudosegundo orden	Langmuir	21.29	94.47	[37]
Cáscara de melón (Citrullus colocynthis)	Pb	II	1000	1000	NE	N/A	10	25	250-500 µm	0.5	150	H2SO4	Pseudosegundo orden	Langmuir	NE	100	[38]
Cáscara de limón (Citrus limonum)	Pb	II	1000	100	6.0	N/A	310		0.500 mm		200	Ácido cítrico	Pseudosegundo orden	Freundlinch	19.56 1.21	97.78 93.83	
Residuos de coco desecados	Pb	II	25	50	6.0	N/A	1440	30	150 - 300 µm	1.0	200	N/A	Pseudosegundo orden	Langmuir	55.86	NE	[39]
Tronco leñoso de papaya (Carica papaya Linnaeus)	Pb	II	100	50	5.9	N/A	180	25	2.50 mm	10.0	160	N/A	N/E	N/E	NE	NE	[40]
Biomasa de borla de maíz	Pb	II	100	10	5.4	N/A	60	25±1	100 - 300 µm	1.2		H2SO4	Pseudosegundo orden	Langmuir	37.31	93.9	[41]

Por último, con relación al parámetro de capacidad de máxima absorción el que reportó un mayor valor fue con la bacteria *Klebsiella sp* con 140,19 mg*g⁻¹. Cabe resaltar que las metodologías investigativas dilucidadas en los reportes investigativos muestran su aplicación en matrices de aguas residuales sintéticas.

En la [tabla 5](#), se observa que los países que han reportado más investigaciones en torno a los residuos agroindustriales, como tecnologías no convencionales en la remoción de plomo presente en aguas residuales, corresponden a Colombia, Nigeria, Perú, India, Indonesia, Francia, Irán, Malasia, México, Rumania, Serbia y Zimbabue. De igual forma, los reportes investigativos se han expuesto en revistas internacionales y nacionales, y que este tipo de tecnologías son las de más tendencia en investigación según la indagación realizada, donde son 24 residuos agroindustriales los que se han investigado, y que su aplicación se ha dado tanto en aguas residuales sintéticas y industriales (para algunos).

Con relación a las [tablas 5 y 6](#), ha sido amplio cada uno de los residuos agrícolas empleados para la remoción de plomo, entre los cuales se encuentran desde semillas, cáscaras de diferentes frutas, bagazo, pseudotallo de plátano, astillas de un material vegetal, residuos de diferentes jugos, entre otros. A su vez, con respecto a las variables óptimas de adsorción se presenta que los residuos agrícolas de mayor eficiencia con un 100 % se reportan las semillas de guayaba y cáscara de melón y alrededor del 98 % al 99 % se encuentran las astillas de eucalipto, la cáscara de ñame y el bagazo de palma africana.

CONCLUSIONES

1. Al realizar un comparativo entre los tres tipos de tecnologías no convencionales (biopolímeros, biorremediación y residuos agroindustriales) se observa que las publicaciones que más se han reportado son las de los residuos agroindustriales con respecto a las demás. A su vez, es importante indicar que los porcentajes de mayor eficiencia con un 100 % corresponden a las semillas de guayaba y la cáscara de melón, seguidas de las técnicas de biorremediación con porcentajes del 98 % y la de biopolímeros entre el 80 % al 95 %.
2. Es importante indicar que, para obtener los porcentajes altos de remoción para los metales pesados, es necesario optimizar cada una de las variables en las técnicas no convencionales como el pH, la temperatura, el tamaño de partícula, el tiempo de contacto, la cantidad de biomasa, el tiempo de agitación y la concentración inicial de la solución del contaminante.
3. Las cinéticas de adsorción que se reportaron en las tres técnicas no convencionales se encuentran las de pseudosegundo orden, Elovich, Thomas y Bangham.
4. Las isothermas de adsorción que se reportaron en las tres técnicas no convencionales se encuentran las de Langmuir, Freundlich, Redlich-Petersen, Themkin y Khan.
5. Al llevar a cabo este tipo de revisiones, se pretende que las industrias que viertan plomo en sus aguas resid-

uales apliquen este tipo de tecnologías, por sus altos porcentajes de remoción, de fácil adquisición, económicos y, lo más importante, cumplan las normas ambientales y que no generen más impactos negativos al ecosistema.

FINANCIAMIENTO

La presente investigación no recibió financiamiento.

REFERENCIAS

- Abadin, H., Ashizawa, A., Stevens, Y.W. et al. (2007). Toxicological profile for lead. Atlanta, GA: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Public Health Statement. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK158768/>
- Abdul Rahim A.R., Rabat N.E., Johari K., Saman N. y Mat H. (2019). Removal of lead (ii) ions from aqueous solution using desiccated coconut waste as low-cost adsorbent. *Chemical Engineering Transactions*, 72, 169-174 DOI: 10.3303/CET1972029
- Ablouh, E., Hanani, Z., Eladlani, N. et al. (2019). Chitosan microspheres/sodium alginate hybrid beads: an efficient green adsorbent for heavy metals removal from aqueous solutions. *Sustainable Environment Research*, 29. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42834-019-0004-9>
- Agbozu, I.E. y Emoruwa, F. (2014). Batch adsorption on heavy metals (Cu, Pb, Fe, Cr and Cd) from aqueous solutions using coconut husk. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 8(4). <https://doi.org/10.5897/AJEST2013.1577>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2007). Toxicological profile for lead (Update). Atlanta, GA: Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- Anantha, R. K., & Kota, S. (2016). Removal of lead by adsorption with the renewable biopolymer composite of feather (*Dromaius novaehollandiae*) and chitosan (*Agaricus bisporus*). *Environmental Technology & Innovation*, 6, 11–26. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2016.04.004>
- Amaringo, F. y Hormaza A. (2018). Adsorción de rojo 40 sobre cascarilla de arroz: determinación del equilibrio, cinética y termodinámica. *Revista Tecnura*, 22(56), 13-28. DOI: <https://doi.org/10.14483/22487638.12961>
- Asrari, E., Tavallali, H. y Hagshenas, M. (2010). Removal of Zn (II) and Pb (II) ions Using Rice Husk in Food Industrial Wastewater. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 14(4), 159-162. <https://www.ajol.info/index.php/jasem/article/view-File/63306/51190> DOI: <https://doi.org/10.4314/jasem.v14i4.63306>
- Baharuddin, N.H, Meriam, N., Sulaiman, N., Aroua, M.K., Ghazali, M., Nawawi, M., Kassim, M.A., Othman, M.R. e Dahlan, I. (2019). Starch as novel water soluble biopolymer in removal mixtures heavy metal ions via polymer enhanced ultrafiltration. *AIP Conference Proceedings* 2124, 030012. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.5117134>

- Bamgbose, J.T., Adewuyi, S., Bamgbose O. y Adetoye A.A. (2010). Adsorption kinetics of cadmium and lead by chitosan. *African Journal of Biotechnology*, 9(17), 2560-2565.
- Barthelmy, D. (2014). Webmineral database. Recuperado de: <http://www.webmineral.com/chem/Chem-Pb.shtml#.Xi3T0U9KgY0>
- Castañeda, M., Mirasol, M., Raymundo, L. y Solidum, J. (2012). Biosorption and Desorption of Lead (Pb+2) from Simulated WasteWater Using Freshwater Snail Shells, *Melanoides tuberculata* Muller (Family Thiaridae). 2nd International Conference on Environment and BioScience IPCBEE, (44). DOI: <https://doi.org/10.7763/ipcbee>
- Caviedes Rubio, D.I., Muñoz Calderón, R.A., Perdomo Gualtero, A., Rodríguez Acosta, D. y Sandoval Rojas, I.J. (2015). Tratamientos para la remoción de metales pesados comúnmente presentes en aguas residuales industriales. Una Revisión. *Revista de Ingeniería y Región*, 13(1), 73-90. <https://doi.org/10.25054/22161325.710>
- Consejería de Presidencia y Portavoz del Gobierno Comunidad de Madrid (2005). Ley 10/1993, sobre vertidos líquidos industriales al sistema integral de saneamiento. Madrid. Recuperado de: http://www.madrid.org/wleg_public/secure/normativas/contenidoNormativa.jsf?opcion=VerHtml&nmnorma=374&cdestado=P#no-back-button
- Cruz-Olivares, J., Pérez-Alonso, C., Barrera-Díaz, C., Natividad, R. y Chaparro-Mercado, M.C. (2011). Thermodynamical and analytical evidence of lead ions chemisorption onto Pimenta dioica. *Chemical Engineering Journal*, 166(3), 814-821. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2010.11.041>
- Das, M. y Kumari, N. (2016). A microbial bioremediation approach: Removal of heavy metal using isolated bacterial strains from industrial effluent disposal site. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 38(1), 111-114. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/c4ad/b17bd924bb31d-185f86a6883a4cff2fdd0f7.pdf>
- Feng, C., Li, J., Li, X., Li, K., Luo, K. y Liao X.S. et al. (2018). Characterization and mechanism of lead and zinc biosorption by growing *Verticillium insectorum* J3. *PLoS ONE*, 13(12), e0203859. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203859>
- García Vaca, M. C., García Ubaque, C. A., y de Plaza Solórzano, J. S. (2016). Estudio exploratorio del tratamiento de agua de lavado de tintas por método de electrocoagulación/electroflotación. *Revista Tecnura*, 20(47), 107-117. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.1.a09>
- Gómez, D. L., Rodríguez, J. P., Esteban, J. A., y Betancur P., J. F. (2019). Coffee Pulp: A Sustainable Alternative Removal of Cr (VI) in Wastewaters. *Processes*, 7(403), 1-12. Doi: <https://doi.org/10.3390/pr7070403>
- Hammud, H.H., El-Shaar, A., Khamis, E. y Mansour, E.S. (2014) Estudios de adsorción de plomo por algas deromante y sus materiales unidos de silicatos.

- Avances en Química, 2014, 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/205459>
- Herald, E., Lestari, W.W., Permatasari, D. y Arimurti, D.D. (2018). Biosorbent from tomato waste and apple juice residue for lead removal. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(1), 1201-1208. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.12.026>
- Igwegbe, W.E., Okoro, B.C. y Osuagwu, J.C. (2015). Use of Carica papaya as a bio-sorbent for removal of heavy metals in wastewater. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Environmental and Ecological Engineering* 9(12), 1400-1404.
- Imani, S., Rezaei-Zarchi, S., Hashemi, M., Borna, H., Javid, A., Mohamad, Z. y Hossein, B.A. (2011). Hg, Cd and Pb heavy metal bioremediation by Dunaliella alga. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(13), 2775-2780.
- Kalita, D. y Joshi, S.R. (2017). Estudio sobre biorremediación de plomo por exopolisacárido productor de bacteria metalofílica aislada de hábitat extremo. *Biotechnology Reports*, 16, 48-57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.btre.2017.11.003>
- Kong, J., Yue, Q., Sun, S., Gao, B., Kan, Y., Li, Q. y Wang, Y. (2014). Adsorption of Pb(II) from aqueous solution using keratin waste – hide waste: Equilibrium, kinetic and thermodynamic modeling studies. *Chemical Engineering Journal*, 241, 393-400. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2013.10.070>
- Kumar Dinesh, S.P., Santhanam, T., Jayalakshmi, R., Nandakumar, S., Ananth, A., Shenbaga, D. y Prasath, B. (2015). Excessive nutrients and heavy metals removal from diverse waste waters using marine microalga *Chlorella marina* (Butcher). *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 44(1), 97-103X-XX.
- Largitte, L., Brudey, T., Tant, T., Dumesnil, P.C. y Lodewyckx, P. (2016). Comparación de la adsorción de plomo por carbonos activados de tres precursores lignocelulósicos. *Materiales Microporosos y Mesoporosos*, 219, 265-275. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2015.07.005>
- Lavado Meza, C., Sun Kou, M. y Bendezú, S. (2010). Adsorción de plomo de efluentes industriales usando carbones activados con H₃PO₄. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 76(2), 165-178.
- Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente de Guayaquil (2004). Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. Guayaquil. Recuperado de: <http://www.industrias.ec/archivos/CIG/file/CARTELERA/ReformaAnexo28feb2014FINAL.pdf>
- León A., A., Córdoba R., J.C. y Carreño S., U.F. (2016). Revisión del estado de arte en captación y aprovechamiento de aguas lluvias en zonas urbanas y aeropuertos. *Revista Tecnura*, 20(50), 141-153. DOI: [10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.4.a10](https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.4.a10)
- Li, B., Zhou, F., Huang, K., Wang, Y., Mei, S., Zhou, Y. y Jing, T. (2016). Highly efficient removal of lead and cadmium during wastewater irrigation using a polyethylenimine-grafted gelatin

- sponge. *Scientific Reports*, 6(1). DOI: <https://doi.org/10.1038/srep33573>
- Londoño Franco, L.F., Londoño Muñoz, P.T. y Muñoz García, F.G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145-153. DOI: [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153)
- Manzoor, K., Ahmad, M., Ahmad, S. y Ikram, S. (2019). Removal of Pb(ii) and Cd(ii) from wastewater using arginine cross-linked chitosan-carboxymethyl cellulose beads as green adsorbent. *RSC Advances*, 9(14), 7890-7902. DOI: <https://doi.org/10.1039/C9RA00356H>
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala (2005). Reglamento de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores: Acuerdo Gubernativo No. 66-2005. Guatemala.
- Morosanu, I., Teodosiu, C., Paduraru, C., Ibanescu, D. y Tofan, L. (2017). Biosorption of lead ions from aqueous effluents by rapeseed biomass. *New Biotechnology*, 39, 110-124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2016.08.002>
- Moyo, M. y Chikazaza, L. (2013). Bioremediation of Lead(II) from Polluted Wastewaters Employing Sulphuric Acid Treated Maize Tassel Biomass. *American Journal of Analytical Chemistry*, 4(12), 689-695. DOI: <https://doi.org/10.4236/ajac.2013.412083>
- Moyo, M., Guyo, U., Mawenyiyo, G., Zinyama, N.P. y Nyamunda, B.C. (2015). Marula seed husk (*Sclerocarya birrea*) biomass as a low cost biosorbent for removal of Pb(II) and Cu(II) from aqueous solution. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 27, 126-132. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2014.12.026>
- Muñoz, A.J., Espínola, F., Moya, M. y Ruiz, E. (2015). Biosorption of Pb(II) Ions by *Klebsiella* sp. 3S1 Isolated from a Wastewater Treatment Plant: Kinetics and Mechanisms Studies. *BioMed Research International*, 2015, 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/719060>
- (II) Ions by *Klebsiella* sp. 3S1 Isolated from a Wastewater Treatment Plant: Kinetics and Mechanisms Studies. *BioMed Research International*, 2015, 1-12. DOI: [10.1155/2015/719060](https://doi.org/10.1155/2015/719060) <https://doi.org/10.1155/2015/719060>
- Ngah, W.S.W. y Fatinathan, S. (2010). Pb(II) biosorption using chitosan and chitosan derivatives beads: Equilibrium, ion exchange and mechanism studies. *Journal of Environmental Sciences*, 22(3), 338-346. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(09\)60113-3](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(09)60113-3)
- Nwankwo, D., Sylvanus Chima, E. y Tochukwu, M. (2014). Comparative study of the Bioadsorption of Cadmium and lead from industrial waste water using melon (*Citrullus colocynthis*) husk activated with sulphuric acid. *American Journal of Environmental Protection*, 1(1), 1-8. DOI: [10.11648/j.ajep.s.20140101.11](https://doi.org/10.11648/j.ajep.s.20140101.11).
- Ojeda Suárez, R., Spoor, M. y Estrada, M.E. (2017). El índice desempeño ambiental y la resiliencia social en los ecosistemas. *Universidad y Sociedad*, 9(1), 6-12. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/>

- Ojoawo, S.O., Rao, C.V. y Goveas, L.C. (2016). Bioremediation of Zn, Cu, Mg and Pb in Fresh Domestic sewage by *Brevibacterium* sp. *International Journal of Environmental Research*, 10(1), 139-148. Recuperado de https://ijer.ut.ac.ir/article_56896_d7732aa160eec0aaab0d6c5ef32e698c.pdf
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2011). Adverse health effects of heavy metals in children. Recuperado de https://www.who.int/ceh/capacity/heavy_metals.pdf
- Petrović, M., Šoštarić, T., Stojanović, M., Milojković, J., Mihajlović, M., Stanojević, M. y Stanković, S. (2016). Removal of Pb 2+ ions by raw corn silk (*Zea mays* L.) as a novel biosorbent. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 58, 407-416. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2015.06.025>
- Poonam, Bharti, S.K. y Kumar, N. (2018). Kinetic study of lead (Pb²⁺) removal from battery manufacturing wastewater using bagasse biochar as biosorbent. *Applied Water Science*, 8(4), 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0765-z>
- Ramírez Franco, J.H. y Enríquez Enríquez, M.K. (2015). Remoción de plomo (II) usando lignina obtenida a partir del procesamiento del pseudotallo de plátano. *Acta Agronómica*, 64(3), 209-213. DOI: <https://doi.org/10.15446/acag.v64n3.43488>
- Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima Perú (Sedapal) (2009). Valores máximos admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas. Perú. Recuperado de: <http://www.sedapal.com.pe/documents/10154/fedf8405-1bc2-428e-9d8d-a1c2ad009f53>
- Sun-Kou, M.R. y Obregón-Valencia, D., Pinedo-Flores, Á., Paredes-Doig, A.L. y Aylas-Orejón, J. (2014). Adsorción de metales pesados empleando carbones activados preparados a partir de semillas de aguaje. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 80(4), 225-236. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3719/371937640002> <https://doi.org/10.37761/rsqp.v80i4.159>
- Tejada, C., Ruiz, E., Gallo, J. y Moscote, J. (2015). Evaluación de la biosorción con bagazo de palma africana para la eliminación de Pb (II) en solución. *Prospectiva*, 13(1), 59-67. DOI: <https://doi.org/10.15665/rp.v13i1.360>
- Tejada, C., Villabona, A., Acevedo, D., Pajaro, N. y Otero, M. (2018). Lead (II) removal in solution using lemon peel (*Citrus limonum*) modified with citric acid. *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*, 10(1), 117-122. Recuperado de www.ijet-journals.com/ijet/docs/IJET18-10-01-046.pdf <https://doi.org/10.21817/ijet/2018/v10i1/181001046>
- Tejada-Tovar, C., Gallo-Mercado, J., Moscote, J., Villabona, A. y Acevedo-Correa, D. (2018). Adsorción competitiva de plomo y níquel sobre cáscara de ñame y bagazo de palma en sistema continuo. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 16(1), 52-61. DOI: [10.18684/bsaa.v16n1.624](https://doi.org/10.18684/bsaa.v16n1.624). [https://doi.org/10.18684/BSAA\(16\)52-61](https://doi.org/10.18684/BSAA(16)52-61)

- United Nations Environment Programme (UNEP) (1999). Environmental impacts of trade liberalization and policies for the sustainable management of natural resources. Uganda.
- U.S. Environmental Protection Agency (2014). Global effluent guidelines. Estados Unidos. Recuperado de <http://www.levistrauss.com/wp-content/uploads/2014/01/Global-Effluent-Guidelines.pdf>
- Vizcaíno Mendoza, L. y Fuentes Molina, N. (2015). Biosorción de Cd, Pb y Zn por biomasa pretartada de algas rojas, cáscara de naranja y tuna. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(1), 43-60. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v25n1/v25n1a04.pdf> <https://doi.org/10.18359/rcin.432>
- Wen, X., Du, C., Zeng, G., Huang, D., Zhang, J., Yin, L., ... Wan, J. (2018). Un nuevo biosorbente preparado por *Bacillus licheniformis* inmovilizado para la eliminación de plomo de las aguas residuales. *Chemosphere*, 200, 173-179. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.02.078>
- Wendling, Z.A., Emerson, J.W., Esty, D.C., Levy, M.A., De Sherbinin, A. et al. (2018). Índice de desempeño ambiental 2018. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law & Policy.
- Ye, J., Xiao, H., Xiao, B., Xu, W., Gao, L. y Lin, G. (2015). Biorremediación de solución acuosa contaminada de metales pesados mediante el uso de algas rojas *Porphyra leucosticta*. *Ciencia y Tecnología del Agua*, 72(9), 1662-1666. DOI: 10.2166/wst.2015.386 <https://doi.org/10.2166/wst.2015.386>





Desarrollo sustentable o desarrollo sostenible, una aclaración al debate

Sustainable development: a clarification of the debate

José Andrés Gómez Romero¹ , Susana Garduño Román² 

Fecha de recepción: 27 de septiembre de 2019 **Fecha de aceptación:** 05 de Febrero de 2020

Cómo citar: Gómez-Romero, J.A., y Garduño-Román., (2020). Desarrollo sustentable o desarrollo sostenible, una aclaración al debate. *Tecnura*, 24(64). 117-133 <https://doi.org/10.14483/22487638.15102>

RESUMEN

Contexto: El termino sustainable development se ha mantenido en el interés de expertos, organizaciones e instituciones gubernamentales, pero se presenta un debate de sus traducciones al español. El objetivo de este trabajo fue hacer una aclaración al debate de dicho término al español, mediante el análisis de su uso en el tiempo, geográfico y por disciplina.

Método: A través de métodos no participativos de datos secundarios, se revisaron artículos de revistas científicas, libros especializados y bases de datos como [Web of Science](#), [Scopus](#), Taylor & Francis, [Scielo](#), [Redalyc](#), entre otras. Se emplearon herramientas informáticas como Google Trends y Google Ngram Viewer para analizar la variación de indicadores de evolución de interés de búsqueda y de producción científica.

Resultados: Mediante la combinación de los

métodos no participativos se consiguió determinar indicadores de interés general y de producción científica.

Conclusiones: Los resultados revelaron que ambos términos se emplean de manera indistinta, se observa preferencia en el uso del término de desarrollo sostenible sobre el término desarrollo sustentable, tanto a lo largo del tiempo como en las disciplinas económica y ambiental.

Palabras clave: desarrollo sustentable; desarrollo sostenible; interés general; producción científica.

ABSTRACT

Context: The term sustainable development has remained in the interest of experts, governments and government institutions, but a discussion of its translations into Spanish is presented. The objective of this work was to

¹ Maestro en Ingeniería Industrial del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y candidato a doctor en Ciencias Administrativas del IPN. Escuela Superior de Comercio y Administración (ESCA), Unidad Santo Tomás. Ciudad de México. Contacto: andres.gomez02@cfе.gob.mx
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8337-124X>

² Tecnólogo en Química Aplicada a la Industria. Tecnólogo en Electricidad Industrial. Licenciado en Química. Candidato a Magíster en DoPh.D. in Education de la Universidad de Londres. Londres, Inglaterra. Jefa de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación y docente de la Escuela Superior de Comercio y Administración (ESCA), Unidad Santo Tomás del Instituto Politécnico Nacional (IPN), Ciudad de México, México. Contacto: sgarduno@ipn.mx.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7014-1509>

clarify the debate on the term sustainable development in Spanish by analysing its use over time, geographically and by discipline.

Method: Through the non-participatory methods of secondary data, databases and computer tools were analysed articles from scientific journals, specialized books and databases were reviewed such as [Web of Science](#), [Scopus](#), Taylor & Francis, [Scielo](#), [Redalyc](#), among others. Computer tools such as Google Trends and Google Ngram Viewer were used to analyse the variation of indicators of evolution of search interest and scientific production.

Results: Through the combination of non-participatory methods, indicators of general interest and scientific production were determined.

Conclusions: The results revealed that both terms are used indistinctly, preference is observed in the use of the term *desarrollo sostenido* over the term *desarrollo sustentable*, both over time and in the economic and environmental disciplines.

Keywords: sustainable development; general interest; scientific production.

INTRODUCCIÓN

Por más de tres décadas, el término *sustainable development* se ha mantenido en el interés de expertos, organizaciones e instituciones gubernamentales, pero con la publicación del informe Brundtland, *Nuestro futuro común*

(CMMAD, 1987), se presentaron dos traducciones en español de *sustainable development*. En España se tradujo como *desarrollo sostenible* y en México, al igual que en otros países latinoamericanos, como *desarrollo sustentable*. Ambos términos se definieron igual y los informes fueron creados por la ONU ([Larrouyet, 2015](#)), con lo que se in-

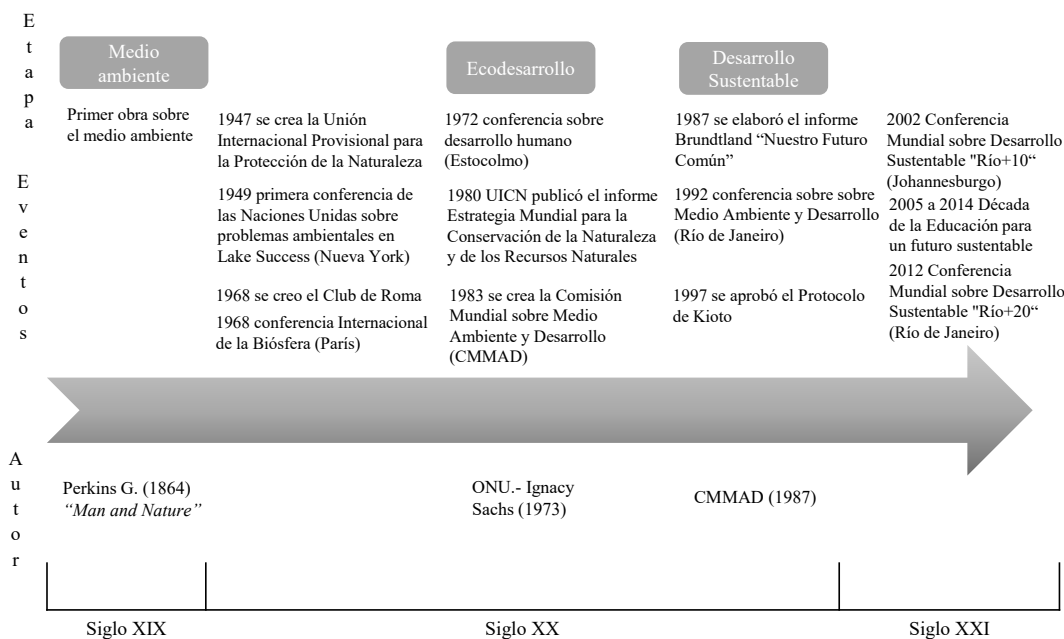


Figura 1. Línea de tiempo del término *sustainable development*

Fuente: elaboración propia con base en Sabogal y Hurtado (2009), y [Locher y Scanlon \(2012\)](#).

ició el debate entre los expertos según el uso en la zona geográfica, la disciplina y el tiempo. Para analizar la concepción del término es importante realizar un recorrido histórico hasta llegar a las características que lo identifican y difieren en la actualidad.

Antecedentes

El término *sustainable development* se analiza de acuerdo con una cronología de eventos según la línea de tiempo de la [figura 1](#), de aquí se describen los considerados trascendentes en la construcción del concepto.

De acuerdo con el indicador tiempo, la primera etapa [Perkins \(1864\)](#) planteó por primera vez el término medio ambiente. En la década de 1940, la Unesco dio forma a la Unión Internacional Provisional para la Protección de la Naturaleza ([Riechmann y Fernández, 1994](#)) y en 1949 en Lake Success (Nueva York) se celebró la primera conferencia de las Naciones Unidas para abordar problemas ambientales. En 1968, en París, la Unesco organizó la Conferencia Internacional de la Biosfera con la asistencia de representantes de 60 países ([Tamames, 1977](#)) y se celebró la reunión donde se fundó el Club de Roma, integrado por economistas, planificadores, genetistas, sociólogos, politólogos y empresarios ([Foladori y Pierre, 2005](#)).

En la segunda etapa, se estableció el término *ecodesarrollo* como un desarrollo socialmente deseable, económicamente viable y ecológicamente prudente ([Sanchs, 1981](#)); en 1972, en Estocolmo, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano advirtió acerca de los efectos que la acción humana tenía en el entorno material; en 1980, la Unión Internacional para la Conservación de la

Naturaleza (UICN) divulgó el informe *Estrategia mundial para la conservación: la conservación de los recursos vivos para el logro de un desarrollo sostenido*, donde se señalaban los elementos primordiales para la catástrofe del medio ambiente (UICN, 1980). En 1983 se creó la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD, 1987).

En la tercera etapa, 1987, la CMMAD elaboró el informe *Brundtland Nuestro futuro común*, donde se formalizó el concepto de *sustainable development* como el que satisfacía las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades (CMMAD, 1987). En 1992, en Río de Janeiro, se celebró la conferencia de la ONU sobre Medio Ambiente y Desarrollo; en 2002 se celebró en Johannesburgo, la Conferencia Mundial sobre Desarrollo Sustentable Río+10, su propósito fue impulsar acciones que permitieran que en el siglo XXI se alcanzara el desarrollo sostenible ([Wolfensberger, 2005](#)); se instituyó una “Década de la educación para un futuro sustentable (2005-2014)” ([Pérez, Vilches, Grimaldi y Álvarez, 2006](#)); en 2012, en Río Janeiro se celebró la Conferencia Mundial sobre Desarrollo Sostenible Río+20 medio ambiente. Tras la consolidación del término *sustainable development* a finales de la década de 1980, se presentó una evolución similar con otros términos, como medio ambiente y *ecodesarrollo*.

La controversia en el significado

El desarrollo sustentable como el de desarrollo sostenible se convirtieron en un cliché y solían aplicarse y definirse de forma semejante, y parecía no existir diferencia

alguna entre ellos. Para Boada (citado por Toledo y Boada, 2011) se puede intentar superar el babelismo, entendido este como la confusión conceptual y técnica que se concreta en explicar las mismas cosas con lenguajes distintos.

Para Barney (citado por Wolfersberger, 2005), el término desarrollo sostenible o sustentable es un anglicismo que emana del concepto sustainable development. La expresión inglesa sustainable no tiene la misma relación que la expresión española que señala a sostener o sustentar, cuyo significado, según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua (RAE, 2016) corresponde a “mantener firme algo, prestar apoyo, mantener una cosa en un medio o un lugar sin dejarlo caer o haciéndolo muy lentamente, mantener o proseguir”. Por otra parte, para el vocablo inglés, de acuerdo con el Collins English Dictionary (Forsyth y Mangan, 2014) su acepción corresponde a una notación dinámica y positiva, lo que representa es avanzar continuamente, perseverar en el esfuerzo, resistir sin ceder.

En Francia, la resistencia al idioma inglés lleva a que el concepto sustainable development, sea rechazado y se use una traducción menos literal como development soutenable o development durable. Los hablantes del idioma español, particularmente en Hispanoamérica, son menos reacios a los anglicismos, se utilizan vocablos con mayor adaptación a una traducción literal (Larrouyet, 2015). Por tanto, la expresión inglesa describe un proceso que tiene un ritmo que hay que conservar, es un concepto dinámico, no paralizado, por lo que la palabra anglosajona representa el esfuerzo ineludible que se aplica a un proceso para su-

perar los tropiezos que pueda encontrar, con lo que se obliga a la tipificación de las condiciones ineludibles para que el sistema permanezca (Bifani, 1993).

Pregunta de investigación

A partir de los antecedentes, conceptualización y la controversia del término sustainable development en español, se propone hacer una aclaración al debate mediante el análisis de su uso en el tiempo, geográfico y por disciplina de este término.

Desde este enfoque se generó la siguiente pregunta de investigación: ¿Mediante indicadores de producción científica e interés genera se puede diferenciar el uso del término sustainable development en español?

Para atender este cuestionamiento se presenta el marco teórico, fundamentado en métodos no participativos como las bases de datos y herramientas informáticas. A continuación, se aplican estos métodos. Posteriormente se presentan los resultados obtenidos y, por último, se incluye la discusión, así como las conclusiones.

METODOLOGÍA

Para la elaboración de este artículo, se tuvieron en cuenta métodos no participativos, como los datos secundarios, que implican la revisión de documentos, registros públicos y archivos físicos o electrónicos (Hernández, Fernández y Baptista, 2010), a partir de la metodología propuesta por Pérez (2016), para determinar los indicadores que establecen la evolución de un término, y a través de la

utilización de bases de datos y herramientas informáticas, que permiten visualizar los patrones evolutivos del interés de un tema o disciplina a lo largo del tiempo.

Producción científica

La producción científica sobre un tema es un indicador de interés que promueve una disciplina. Sin embargo, no siempre es así. Dicha producción se altera por factores externos (líneas de investigación impuestas en convocatorias financiadas o intereses institucionales) que impactan el tema de investigación y el volumen producido en un periodo de tiempo determinado, que es conocido como burbuja académica (Baker et al., 2012). La producción científica sobre un tema es un indicador de interés que promueve una disciplina, la variación anual en la producción de artículos científicos y libros sobre un determinado tema es parte de la evolución de esta disciplina.

Producción de artículos científicos

La revisión de la literatura demuestra ser decisiva en la estructuración del tipo de investigación (Easterby, Thorpe y Jackson, 2012) y es la base firme para crear y avanzar en el conocimiento, lo cual facilita el desarrollo de la teoría, para resolver problemas en las diferentes áreas de investigación y descubrir aquellas que requieren una investigación más detallada (Webster y Watson, 2002). La búsqueda de artículos científicos se realizó mediante operadores lógicos en las bases de datos de como [Web of Science \(Scielo\)](#), [Scopus](#), [Microsoft Academic](#), [Worldcat](#), [Redalyc](#), por título y texto en el resumen (Martínez y Moyano, 2014).

Producción de libros

Para poder analizar la producción de libros sobre un tema en particular, se puede utilizar la herramienta informática [Google Books Ngram Viewer](#). Esta permite, a través de la base de datos de Google Books, indicar el contenido de los libros, información que data desde 1500 hasta 2008, en los corpus lingüísticos en inglés, chino, francés, alemán, hebreo, italiano, ruso y español. Este programa busca una sola palabra o una frase, incluidos errores ortográficos o galimatías; hace una búsqueda avanzada mediante comodines, inflexión, insensible a mayúsculas, etiquetas de voz parcial y composiciones de n-grams ([Google Books Ngram Viewer, 2018a](#)).

Interés general

Según Pérez (2016), se puede estudiar la evolución cuantitativa de las consultas realizadas en un buscador en internet como un indicador de interés general de la población sobre un tema determinado, Google es el buscador más utilizado en el mundo para encontrar información en internet, y una herramienta asociada a ese buscador es [Google Trends](#). Es un servicio de tendencias de búsqueda que explora aquellas tendencias históricas por categoría y ubicación, emplea una escala de 0 a 100, en función de la proporción de búsqueda ([Google Trends, 2018a](#)). Esta reporta la tenencia de búsqueda de la categoría de bibliografía y citas empleando la información de Google Académico, siendo esta la de mayor cobertura entre las bases de datos, con más de 160 millones de documentos ([Orduña, Ayllón, Martín y López, 2014](#)).

Aplicación de las herramientas informáticas

En la literatura reciente se encontraron referencias que plantean la aplicación de las herramientas informáticas para determinar el interés de un tema o disciplina a lo largo del tiempo. [Google Books Ngram Viewer](#) fue utilizada por los siguientes autores: [Michel et al. \(2011\)](#), para realizar un análisis cuantitativo de la cultura empleando millones de libros; [Wijaya y Yeniterzi \(2011\)](#) estudiaron el empleo de los libros mediante cambios semánticos de las palabras a través del tiempo; [Lin et al. \(2012\)](#) presentan la nueva edición de [Google Books Ngram Viewer](#), sus características y ejemplos de uso; [Greenfield \(2013\)](#) la emplea para evaluar las predicciones de la teoría sobre la psicología cambiante de la cultura entre poblaciones rurales y urbanas; [Pérez \(2016\)](#) indicó la producción de libros sobre gestión del conocimiento.

[Google Trends](#) fue aprovechada por los siguientes autores: [Choi y Varian \(2012\)](#), para pronosticar indicadores económicos a corto plazo; [Preis, Moat y Stanley \(2013\)](#), para cuantificar el comportamiento de los mercados mediante búsquedas que detectan señales de advertencia temprana; [Dehkordy, Carlos, Hall y Dalton \(2014\)](#), la emplearon como fuente de información para vigilar e investigar la salud pública del cáncer de mama; [Linkov et al. \(2014\)](#) muestran el interés de la población sobre la cirugía bariátrica, como ayuda para mejorar la atención y servicios médicos a través del uso de la información; [Pérez \(2016\)](#) mostró el indicador de interés general en la gestión del conocimiento; [Justel, Fernández, Victoria y Lacasa \(2018\)](#) analizaron las noticias relacionadas con Donald Trump y Korea del Norte, Muro Fronterizo y México, y el cambio climático.

Después de exponer la descripción del problema, así como definir el método y las herramientas para determinar los indicadores de evolución de un término, a continuación, se presentan su aplicación con el objeto de analizar la variación de la producción científica anual de artículos científicos, libros y el interés general de los términos *sustainable development* en español.

RESULTADOS

En este aparato se presentan los resultados de los indicadores, a través de bases de datos y herramientas informáticas, se representan los patrones evolutivos del interés sobre el tema a lo largo del tiempo. Es importante señalar que, al revisar el indicador de producción científica se analizaron más de 23 000 artículos, se encuentra que más del 60 % de estos emplean el término *desarrollo sostenido* y menos del 40 % el término *desarrollo sustentable*.

Análisis de resultados

Para determinar la evolución de *sustainable development* en español se analizó la variación de la producción científica anual de artículos científicos y libros, y la del interés general.

Producción de artículos científicos

La estrategia para analizar la evolución anual en la producción de artículos científicos fue examinar las principales bases de datos, de estas destacan por encima del resto [Web of Science \(SciELO\)](#), [Scopus](#) y [Microsoft Academic](#). Si bien, la producción de artículos de *sustainable development* en español se limita en estas bases de datos, se emplearon para

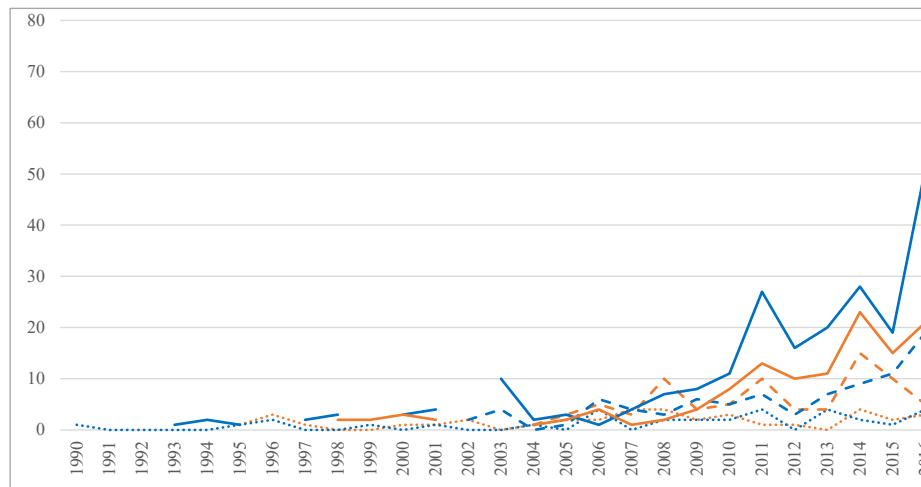


Figura 2. Producción de artículos indizados en las bases de datos SciELO, Scopus y Microsoft Academic entre 1990 y 2017
Fuente: elaboración propia con datos de las bases de datos Scopus (2018), Web of Science (2018) y Microsoft Academic (2018)

complementar este análisis [WorldCat](#) y la red regional de revista científicas [Redalyc](#).

Se realizó una doble búsqueda en las bases de datos [Scopus](#), [SciELO](#) y [Microsoft Academic](#) de los términos en español desarrollo sustentable y desarrollo sostenible, entre los años 1990 al 2017 en [Scopus](#) y [Microsoft Academic](#), y entre los años 2002

al 2017 en [SciELO](#), obteniendo seis series de datos, que se muestran en la [figura 2](#).

De los 678 artículos indizados, 61,65 % están en la base de datos [Microsoft Academic](#); 26,99 %, en [SciELO](#), y 11,36 %, en [Scopus](#). Para simplificar el análisis del indicador de tiempo, se dividieron en tres periodos los artículos indizados: el primero

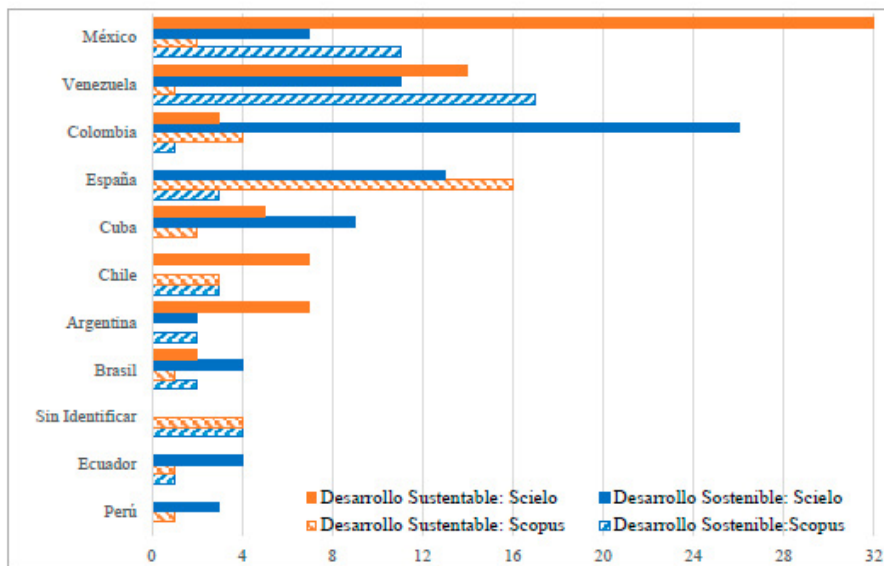


Figura 3. Comparativo por país de desarrollo sustentable y desarrollo sostenible entre 1990 y 2017

Fuente: Comparativo por país de desarrollo sustentable y desarrollo sostenible entre 1990 y 2017

de 1990 a 1999, donde se produjo el 3,69 %; en el segundo, periodo de 2000 a 2009, se

produjo el 16,22 %, y de 2010 a 2017 se produjo el 80,09 %. En cuestión al uso

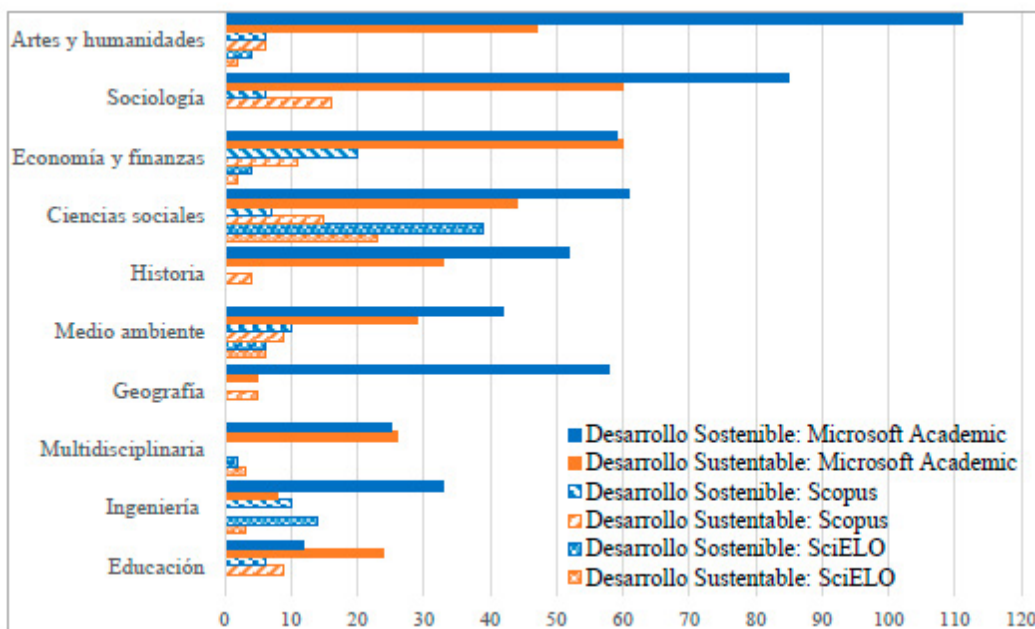


Figura 4. Comparativo por disciplina de desarrollo sustentable y desarrollo sostenible entre 1990 y 2017

Fuente: elaboración propia con datos de las bases de datos Scopus (2018), SciELO (2018) y Microsoft Academic (2018).

de los términos, el 59 % emplea el término desarrollo sostenido y el 41 % el término

no desarrollo sustentable. En las bases de datos Scopus y Scielo se realizaron

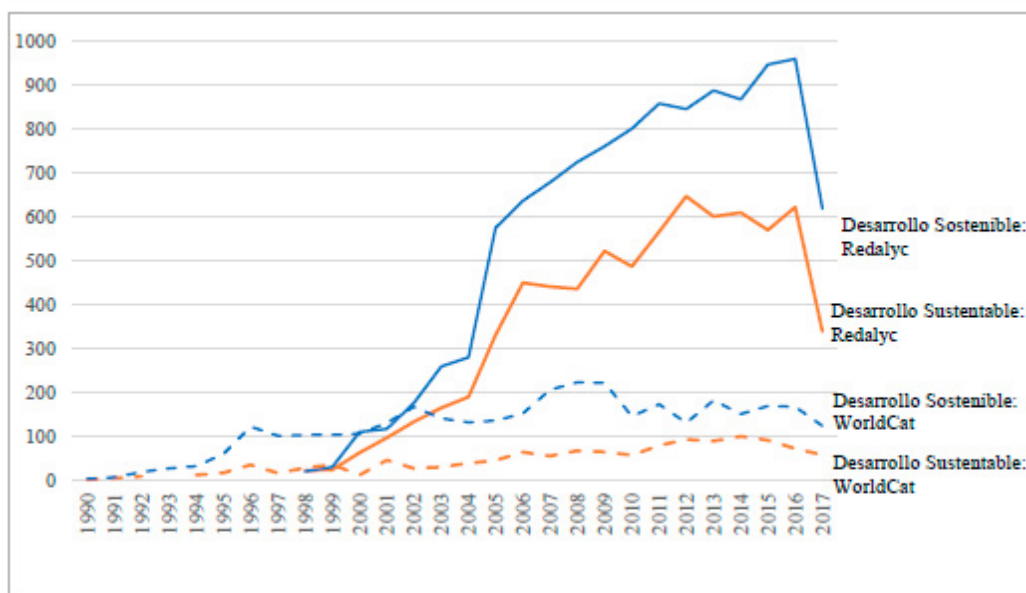


Figura 5. Relación de los términos desarrollo sustentable y desarrollo sostenible por título entre 1998 al 2017

Fuente: elaboración propia con datos de las bases de datos de Redalyc (2018) y WorldCat (2018).

análisis geográficos (figura 3) de ambos términos; se excluye Microsoft Academic ya que no proporciona esta información. Para terminar el análisis en Scopus, SciELO y Microsoft Academic, se realizó por disciplina para ambos términos (figura 4). Se realizó una doble búsqueda en las

bases de datos Redalyc y WorldCat de los términos en español, entre los años 1990 y 2017, de la que se obtuvieron cuatro series de datos (figura 5).

De los 23.251 artículos indizados el 79,62 % están en la base de datos Redalyc, y el 20,38 % en WorldCat. Para

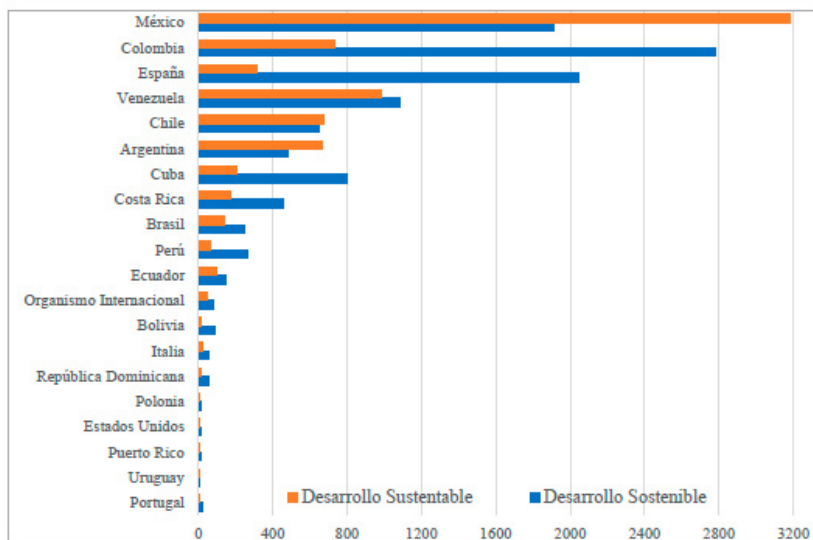


Figura 6. Comparativo por país de desarrollo sustentable y desarrollo sostenible entre 1998 y 2017
Fuente: elaboración propia con datos de la base de datos Redalyc (2018).

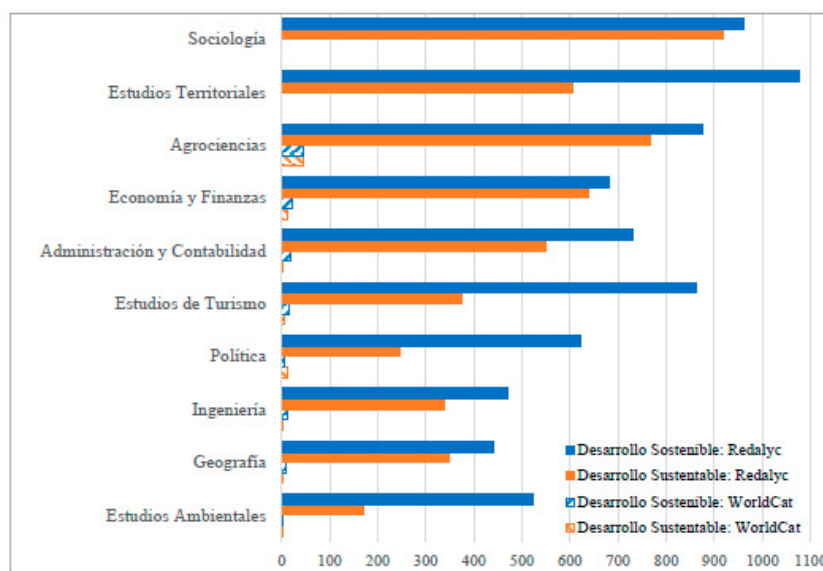


Figura 7. Comparativo por disciplina de desarrollo sustentable y desarrollo sostenible entre 1998 y 2017
Fuente: elaboración propia con datos de las bases de datos Redalyc (2018) y WorldCat (2018).

simplificar el análisis del indicador de tiempo, se dividieron en tres periodos los artículos indizados: el primero de 1990 a 1999, donde se produjo el 3,68 %;

en el segundo periodo de 2000 a 2009, se produjo el 39,80 %, y de 2010 a 2017 se produjo el 56,53 %. En cuestión al uso de los términos, el 62,97 % emplea el térmi-

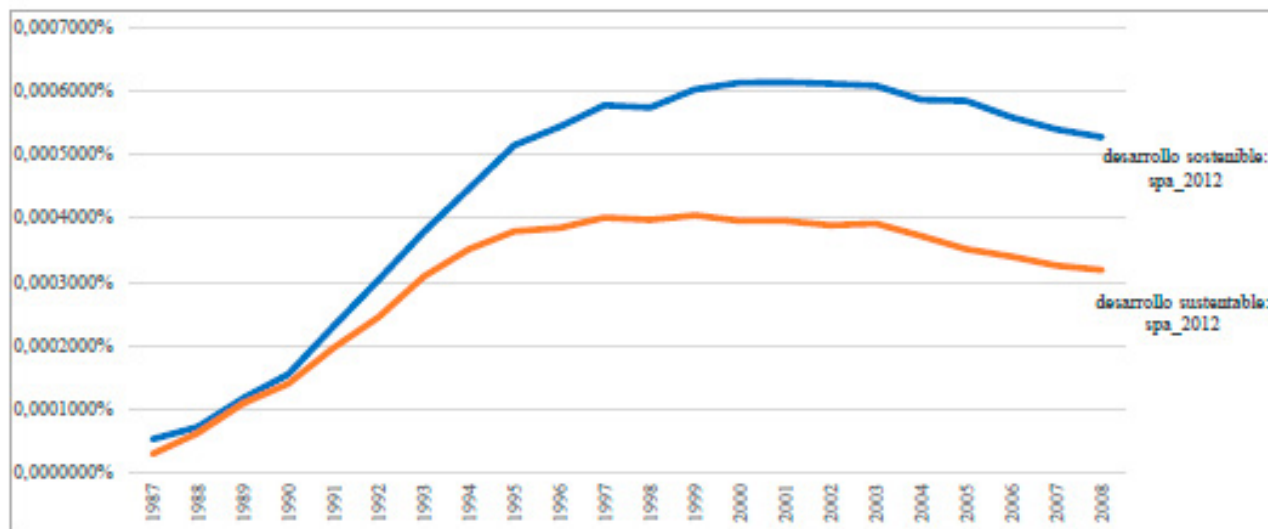


Figura 8. Gráfica asociada con el término sustainable development dentro de los corpus lingüístico inglés y español entre 1987 y 2008

Fuente: elaboración propia con datos de Google Books Ngram Viewer (2018b).

no desarrollo sostenido y el 37,03 % el término desarrollo sustentable.

En [Redalyc](#) se realizó un análisis geográfico ([figura 6](#)), ya que [WorldCat](#) no cuenta con esa información. Para terminar el análisis en [Redalyc](#) y [WorldCat](#), se realizó por disciplina para ambos términos ([figura 7](#)).

Producción de libros

Para analizar la producción de libros sobre los términos de sustainable development en español, se utilizó la herramienta [Google Books Ngram Viewer](#) ([figura 8](#)).

Se muestra que el término desarrollo sustentable presenta una evolución lineal desde 1987 y se extiende hasta 1997; de 1997 a 2001 se detiene su producción para tener su mejor nivel en 1999, y en 2000 decae la producción y se acentúa el

descenso en 2003. El término desarrollo sostenible tiene un comportamiento similar al anterior, pero con porcentajes mayores en su distribución, evolución lineal desde 1987 y se extiende hasta 1999; de 1999 a 2003 se detiene su producción para tener su mejor nivel en el periodo de 2000 a 2003; a partir de 2003 decae la producción y se acentúa el descenso a partir del 2005.

Interés general de los términos

En la [figura 9](#), se presenta el interés de ambos términos, siendo uno de los temas más controvertidos en el contexto académico y profesional, para realizar esa asimilación, en [Google Trends](#) se colocaron los dos, se realizó un filtrado en la categoría de libros y literatura hasta llegar a la subcategoría bibliografías y citas. Se observa el interés por los dos temas en líneas dentadas; la

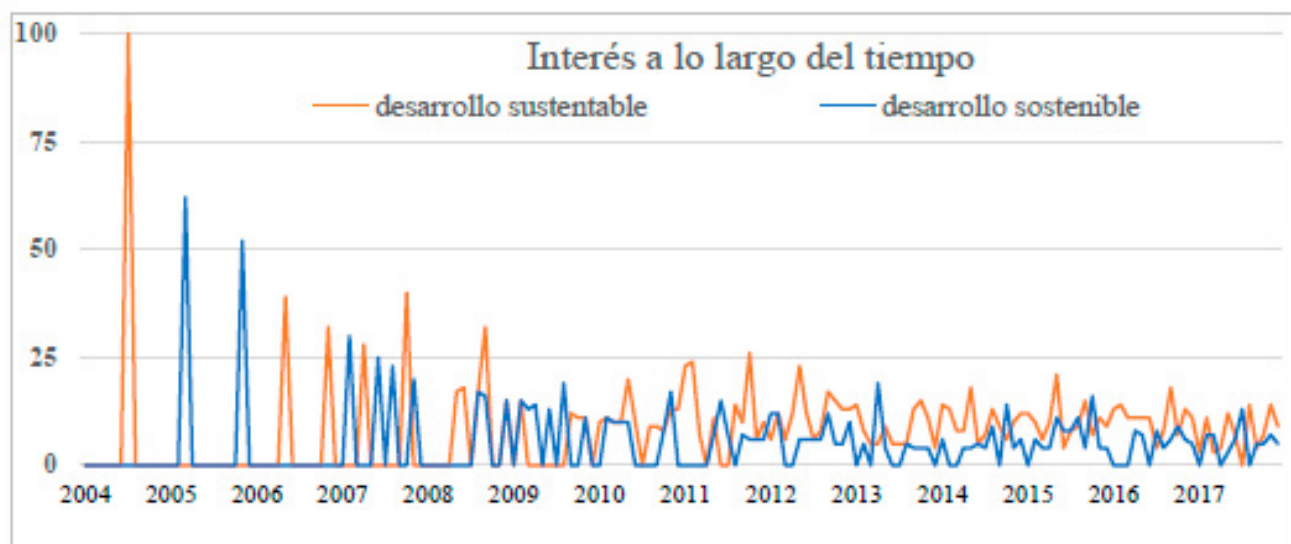


Figura 9. Gráfica asociada con los términos sustainable development en inglés y español

Fuente: Google Trends (2018b).

tendencia es muy similar entre ambos. Para desarrollo sostenible su año de mayor interés es 2005, y tiene un promedio de 5. El término desarrollo sustentable tiene su año de mayor interés en 2004, y mantiene un promedio de

8. Este análisis se complementa con el interés geográfico (tabla 1); se indica el ranking de los países que más búsquedas realizan sobre ambos términos en la subcategoría de bibliografías y citas.

Tabla 1. Ranking de los países con mayor interés de los términos

Desarrollo sustentable		Desarrollo sostenible	
País – proporción de búsqueda		País – proporción de búsqueda	
México	100	Guatemala	100
Paraguay	26	Costa Rica	100
El Salvador	22	Colombia	79
Venezuela	20	Ecuador	62
Bolivia	19	Perú	60
Ecuador	15	El Salvador	60
Guatemala	14	Paraguay	47
Costa Rica	12	Panamá	39
Chile	8	Bolivia	35
Colombia	8	Uruguay	25

Fuente: elaboración propia con datos de Google Trends (2018b).

Discusión

En la actualidad, en la literatura en español se presenta un debate del empleo de los términos desarrollo sustentable o desarrollo sostenible, referente al lugar de uso, su aplicación y su duración en el tiempo. Para [Escobar \(1994\)](#) indica que el desarrollo sustentable desde una cultura económica occidental, y desarrollo sostenible como una perspectiva que diferencia los problemas ecológicos de manera regional. Según [Leff \(1994\)](#); [Riechmann y Fernández \(1994\)](#); [Dourojeanni \(1999\)](#); [Gutiérrez, Benayas y Calvo \(2006\)](#), existe una polisemia del término sustainable development, que constituye dos significados: como sustentable, que enlaza a las condiciones ecológicas como base del proceso económico; el otro, como sostenibilidad o perdurabilidad del proceso económico. Para [Naredo \(1996\)](#) y [Gudynas \(2011\)](#), lo importante es abordar las cuestiones claves del término, para lo cual se agrupan en tres niveles. Según [Paniagua y Moyano \(1998\)](#), las diversas concepciones reflejan posiciones diferentes respecto a cuestiones ambientales y son reflejo de diferencias ideológicas y de intereses. Para [Foladori \(1999\)](#), la discusión sobre el desarrollo sostenible tiene dos preocupaciones, una ecológica, y otra social. [Pierri \(2001\)](#), y [López, López y Ancona \(2005\)](#) muestran el recorrido histórico y el debate sobre ambos términos. [Sabogal y Hurtado \(2009\)](#), [Parra \(1999\)](#), y [Villegas y Parapinski \(2013\)](#) presentan la conceptualización del desarrollo sostenible, desde las relaciones e interdependencias de desarrollo y ambiente mostrando influencias recíprocas. Según [Koellner, Zambrano y Pérez \(2017\)](#) hay una visión sustentable a partir del enfoque ecosociocéntrico. Finalmente, [Ramírez, Sánchez y García \(2003\)](#) concluyen que el desarrollo sostenible se

refiere a lo local, y sustentable, a lo global; sostenible es la teoría y sustentable la aplicación; sostenible lo global; sostenible es permanente en el tiempo y el espacio, sustentable es lo inmediato y concreto.

CONCLUSIONES

A partir de la información mostrada, se tiene una serie de conclusiones que brindan una aclaración al debate del uso de los términos desarrollo sustentable o desarrollo sostenible, y se tiene una postura de desacuerdo con las conclusiones de [Ramírez, Sánchez y García \(2003\)](#) y otros autores, al uso de los términos según el lugar, su aplicación y duración en el tiempo. También se indican algunas de las potenciales causas que pueden explicar estas conclusiones:

- En cuanto a la duración en el tiempo, se observa que la última década es la de mayor cantidad de artículos científicos indexados producidos, en todas las bases de datos analizadas en el presente trabajo. En cuestión al uso de los términos, con más de 23 000 artículos analizados, más del 60 % de estos emplean el término desarrollo sostenible y menos del 40 % el término desarrollo sustentable.
- En cuanto a la situación geográfica, se observa que las bases de datos [SciELO](#), [Scopus](#) y [Redalyc](#) coinciden en que los primeros cuatro países con mayor producción de artículos indizados son México, Colombia, España y Venezuela. Ambos términos se emplean en los países analizados, se deduce que los términos no están regionalizados para la producción científica, sin embargo, es notoria la preferencia hacia un término

por país. Así mismo, en [Google Trends](#) se registra algo muy similar a lo descrito, ya que siete de los países que más buscan en bibliográficas y citas ocupan ambos términos.

- En la producción de artículos por disciplina, ambos términos son empleados de igual manera. Las disciplinas que mayor discusión presentan son la economía finanzas y medio ambiente, en ambas se emplean de manera indistinta, con una tenue preferencia hacia desarrollo sostenible. Por lo anterior, se está en desacuerdo con [Leff \(1994\)](#); [Dourojeanni \(1999\)](#); [López, López y Ancona \(2005\)](#), y [Gutiérrez, Benayas y Calvo \(2006\)](#) que señalan una polisemia de los términos y que son ocupados según un enfoque ambientalista o económico.
- En Google Ngram Viewer hay un descenso del empleo de ambos términos en la producción anual de libros, pero con mayor preferencia en el uso de desarrollo sostenible.
- En [Google Trends](#) se presenta un descenso en el índice de búsquedas de bibliográficas y citas de ambos términos, sin embargo, se busca más el desarrollo sustentable.

Por último, no se superó el babelismo que existe entre ambos términos, al emplear métodos no participativos como las bases de datos y herramientas informáticas. Con el análisis de los resultados se establece que ambos términos se emplean de manera indistinta, si bien es cierto, se observa una ligera preferencia en el uso del término de desarrollo sostenible sobre el término desarrollo sustentable, tanto a lo largo del tiempo y en las disciplina económica y ambiental.

En trabajos futuros para determinar los patrones evolutivos del interés de un tema o disciplina a lo largo del tiempo, o aclarar posibles controversias sobre usos de otros términos, se deberán tener en cuenta los métodos no participativos que empleen el análisis de las bases de datos y las herramientas informáticas como [Google Trends](#) y Google Ngram Viewer. Lo anterior permitirá a los investigadores y estudiantes ahorrar costos y tiempo en sus próximas indagaciones, ya que son sencillas y permiten obtener información de manera indirecta.

REFERENCIAS

- Baker, T., Noy, N., Swick, R. y Herman, I. (2012). Semantic web case studies and use cases. Recuperado de <https://www.w3.org/2001/sw/sweo/public/UseCases/>
- Bifani, P. (1993). Desarrollo sostenible, población y pobreza: algunas reflexiones conceptuales. En Educación Ambiental y Universidad. Congreso Iberoamericano de Educación Ambiental (pp. 27-51). México: Universidad de Guadalajara.
- Choi, H. y Varian, H. (2012). Predicting the present with Google Trends. *Economic Record*, 88(s1), 2-9. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4932.2012.00809.x>
- CMMAD (1987). Nuestro futuro común. Madrid: Alianza.
- Dehkordy, S., Carlos, R., Hall, K. y Dalton, V. (2014). Novel Data Sources for Women's Health Research. *Academic Radiology*, 21(9), 1172-1176. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2014.05.005>
- Dourojeanni, A. (1999). La dinámica del desarrollo sustentable y sostenible.

- Ponencia presentada en el Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo.
- Easterby-Smith, M., Thorpe, R. y Jackson, P.R. (2012). *Management research*. 4a. ed. Londres: SAGE Publications Ltd.
- Escobar, A. (1994). El desarrollo sostenible: diálogo de discursos. *Revista Foro*, (23), 98-112.
- Foladori, G. (1999). *Los límites del desarrollo sustentable*. Montevideo: Ediciones de la Banda Oriental trabajo y capital.
- Foladori, G. y Pierre, N. (2005). ¿Sustentabilidad?: desacuerdos sobre el desarrollo sustentable. México: Miguel Ángel Porrua, UAZ, Cámara de Diputados LIX Legislatura.
- Forsyth, M. y Mangan, L. (2014). *Collins English Dictionary: Complete and Unabridged*. Inglaterra: Harper Collins.
- Google Books Ngram Viewer (2018b). Graph. Recuperado de https://books.google.com/ngrams/h?content=desarrollo+sostenible%3Aspa_2012%2Cdesarrollo+sustentable%3Aspa_2012%2C+sustainable+development%3Aeng_2012&year_start=1987&year_pus=21&smoothing=3&share=&direct_url=t1%3B%2Cdesarrollo%20tenible%3Aspa_2012%3B%2Cc0%3B.t1%3B%2Cdesarrollo%20ntable%3Aspa_2012%3B%2Cc0%3B.t1%3B%2Csustainable%20evelopment%3Aeng_2012%3B%2Cc0
- Google Books Ngram Viewer. (2018a). What does the Ngram Viewer do? Recuperado de <https://books.google.com/ngrams/info>
- Google Trends. (2018a). Ayuda de tendencias de búsqueda. Recuperado de https://support.google.com/trends/answer/6248105?hl=es&ref_topic=6248052
- Google Trends. (2018b). Comparar. Recuperado de <https://trends.google.com.mx/trends/plore?cat=690&date=2004-01-01%202017-12-31&q=sustainable%20development,desarrollo%20sustentable,desarrollo%20sostenible>
- González, A., García, C. y Talero, G. (2014). Estudio de planta piloto para peletización de residuos madereros y su utilización como combustible en hornos ladrilleros. *Tecnura*, 18(40), 62-70. DOI: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2014.2.a05>
- Greenfield, P. (2013). The changing psychology of culture from 1800 through 2000. *Science*, 24, 1722-1731. <https://doi.org/10.1177/0956797613479387>
- Gudynas, E. (2011). Desarrollo sostenible: una guía básica de conceptos y tendencias hacia otra economía. *Otra Economía*, 4(6), 43-66.
- Gutiérrez J., Benayas, J. y Calvo, S. (2006). Educación para el desarrollo sostenible: evaluación de retos y oportunidades del decenio 2005-2014. *Revista Iberoamericana de Educación*, 40(1), 25-69.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Justel, S., Fernández, A., Victoria, M. y Lacasa, I. (2018). Twitter e información política en la prensa digital: la red social como fuente de declaraciones en la era Trump. *El Profesional de la Información*, 27(5), 984-992. DOI: <https://doi.org/10.3145/epi.2018.sep.03>

- Koellner, C., Zambrano, M. y Pérez, A. (2017). ¿"Paraíso a la deriva"? El enfoque y perspectiva sustentable en el marketing. *Poliantea*, 12(23), 9-32. DOI: <https://doi.org/10.15765/plnt.v12i23.983>
- Larrouyet, C. (2015). Desarrollo sustentable: origen, evolución y su implementación para el cuidado del planeta. [Trabajo final integrador]. Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina.
- Leff, E. (1994). *Ecología y capital: racionalidad ambiental, democracia participativa y desarrollo sustentable*. México: Siglo XXI.
- Lin, Y., Michel, J., Aiden, E., Orwant, J., Brockman, W. y Petrov, S. (2012). Syntactic annotations for the Google Books Ngram Corpus: Proceedings of the ACL 2012 System Demonstrations. Ponencia presentada en Association for Computational Linguistics, Jeju Island, Korea.
- Linkov, F., Bovbjerg, D., Freese, K., Ramanathan, R. y Gourash, W. (2014). Bariatric surgery interest around the world: What Google Trends can teach us. *Surgery for Obesity and Related Diseases*, 10(3), 533-538. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soard.2013.10.007>
- Locher, H. y Scanlon, A. (2012). Sustainable hydropower-issues and approaches. En H. Samadi (ed.), *Hydropower – Practice and Application* (pp. 1-22). Coatia: InTech. <https://doi.org/10.5772/31768>
- López, C., López, E. y Ancona, I. (2005). Desarrollo sustentable o sostenible: una definición conceptual. *Horizonte Sanitario*, 4(2), 28-34. DOI: <https://doi.org/10.19136/hs.a4n2.294>
- Martínez-Jurado, P.J. y Moyano-Fuentes, J. (2014). Lean management, supply chain management and sustainability: A literature review. *Journal of Cleaner Production*, 85, 134-150. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.042>
- Michel, J., Shen, Y., Aiden, A., Veres, A., Gray, M., Pickett, J. y Aiden, E. (2011). Quantitative analysis of culture using millions of digitized books. *Science*, 331(6014), 176-182. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1199644>
- Microsoft Academic (2018). Microsoft Academic: Search. Recuperado de <https://academic.microsoft.com/#/search?>
- Naredo, J. (1996). Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible. *Documentación Social*, (102), 129-148.
- Orduña, E., Ayllón, J., Martín, A. y López, E. (2014). About the size of Google Scholar: playing the numbers. *EC3 Working Papers*, 8, 1-43.
- Paniagua, A. y Moyano, E. (1998). Medio ambiente, desarrollo sostenible y escalas de sustentabilidad. *Reis*, (83), 151-175. <https://doi.org/10.2307/40184124>
- Parada, E., Illera, M., Sepúlveda, S., Guevara, D. y Medina, B. (2016). Sistema de control domótico de bajo costo: un respaldo a la generación ecológica de energía eléctrica en Colombia. *Tecnura*, 20(49), 120-132. DOI: <https://doi.org/10.14483/uidistrital.jour.tecnura.2016.3.a08>
- Parra, J. (1999). La ingeniería industrial en el contexto del desarrollo sostenible. *Tecnura*, 2(4), 28-34. DOI: <https://doi.org/10.14483/22487638.6065>

- Pérez, G., Vilches, A., Grimaldi, J. y Álvarez, Ó. (2006). Década de la educación para un futuro sostenible (2005-2014): un punto de inflexión necesario en la atención a la situación del planeta. *Revista Iberoamericana de Educación*, (40), 125-178.
- Pérez, M. (2016). Gestión del conocimiento: orígenes y evolución. *El Profesional de la Información*, 25(4), 526-534. <https://doi.org/10.3145/epi.2016.jul.02>
- Perkins, G. (1864). *Man and nature*. Washington, D.C.: University of Washington Press.
- Pierri, N. (2001). Capítulo 2: Historia del concepto de desarrollo sustentable. En N. Pierri y G. Foladori (eds.), *¿Sustentabilidad?: desacuerdos sobre el desarrollo sustentable* (pp. 27-81). Uruguay: Trabajo y Capital.
- Preis, T., Moat, H.S. y Stanley, H.E. (2013). Quantifying trading behavior in financial markets using google trends. *Scientific Reports*, 3, 1684. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep01684>
- Ramírez, A., Sánchez, J. y García, A. (2003). El desarrollo sustentable: interpretación y análisis. *Revista del Centro de Investigación de la Universidad la Salle*, 6(21), 55-59.
- Real Academia Española (2016). *Diccionario de la Real Academia de la Lengua*. 23a. ed. Madrid: Asociación de Academias de la Lengua Española.
- Redalyc. (2018). Acerca de. Recuperado de http://www.redalyc.org/redalyc/media/redalyc_n/Estaticas3/mision.html
- Riechmann, J. y Fernández, F. (1994). *Redes que dan libertad: introducción a los nuevos movimientos sociales*. Barcelona: Paidós.
- Sabogal, J. y Hurtado, E. (2009). La historia se repite: una visión del desarrollo y del desarrollo sostenible. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, XVII(1), 195-216.
- Sachs, I. (1981). Ecodesarrollo: concepto, aplicación, beneficios y riesgos. *Agricultura y Sociedad*, (18), 9-32.
- SciELO (2018). Modelo SciELO. Recuperado de <http://www.scielo.org/php/level.hp?lang=es&component=44&item=1>
- Scopus. (2018). Document search. Recuperado de <https://www-scopus-com/search/>
- Tamames, R. (1977). *Ecología y desarrollo: la polémica sobre los límites del crecimiento*. Madrid: Alianza.
- Toledo, V. y Boada, M. (2011). *El planeta, nuestro cuerpo: la ecología, el ambientalismo y la crisis de la modernidad*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (1980). *Estrategia mundial para la conservación: la conservación de los recursos vivos para el logro de un desarrollo sostenido*. Naciones Unidas.
- Villegas, N. y Parapinski, A. (2013). Análisis de indicadores para determinar el grado de sostenibilidad

en concretos especiales. *Tecnura*, 17(38), 12-25. DOI: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2013.4.a01>

Web of Science. (2018). Web of Science. Search? Recuperado de <http://webofknowledge.com/Search.do?>

Webster, J. y Watson, R.T. (2002). Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. *MIS Quarterly*, 26(2), XIII-XXIII.

Wijaya, D.T. y Yeniterzi, R. (2011). Understanding semantic change of words over centuries. Paper presented at the Proceedings of the 2011 international

workshop on DETecting and Exploiting Cultural diversity on the social web (pp. 35-40). Glasgow, Scotland, UK. <https://doi.org/10.1145/2064448.2064475>

Wolfensberger, L. (2005). *Sustentabilidad y desarrollo. Suficiente siempre*. México: Porrúa.

WorldCat (2018). WorldCat: Buscar en catálogo de. Recuperado de <https://www.worldcat.org/search?>



INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

Revista *TECNURA*
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica

CONTENIDO

Alcance y política editorial de la revista
Tipos de artículos aceptados
Formato del artículo
Envío de artículos
Procedimiento para la publicación
Arbitraje de artículos
Contacto

1. ALCANCE Y POLÍTICA EDITORIAL DE LA REVISTA

La revista *Tecnura* es una publicación institucional de la Facultad Tecnológica de la Universidad Francisco José de Caldas, de carácter científico-tecnológico con periodicidad trimestral, que se publica los meses de enero, abril, julio y octubre. Su primer número apareció en el segundo semestre del año 1997 y hasta la fecha ha mantenido su regularidad.

Las áreas temáticas de interés de la revista *Tecnura* están enfocadas a todos los campos de la ingeniería, como la electrónica, telecomunicaciones, electricidad, sistemas, industrial, mecánica, catastral, civil, ambiental, entre otras. Sin embargo, no se restringe únicamente a estas, también tienen cabida los temas de educación y salud, siempre y cuando estén relacionados con la ingeniería. La revista publica únicamente artículos de investigación científica y tecnológica, de reflexión y de revisión. En consecuencia, durante la fase de evaluación editorial inicial se rechazarán los artículos cortos y reportes de caso.

La revista *Tecnura* está dirigida a docentes, investigadores, estudiantes y profesionales interesados en la actualización permanente de sus conocimientos y el seguimiento de los procesos de investigación científico-tecnológica, en el campo de las ingenierías. Tiene como misión divulgar resultados de proyectos de investigación realizados en el área de las ingenierías, a través de la publicación de artículos originales e inéditos, realizados por académicos y profesionales pertenecientes a instituciones nacionales o extranjeras del orden público o privado. Los artículos presentados deben ser trabajos inéditos escritos en español o inglés; sin embargo, tendrán preferencia los artículos que muestren conceptos innovadores de gran interés, que traten sobre asuntos relacionados con el objetivo y cobertura temática de la revista.

Tecnura es una publicación de carácter académico indexada en los Índices Regionales Scielo Colombia (Colombia) y Redalyc (México), además de las siguientes bases bibliográficas: INSPEC del Institution of Engineering and Technology (Inglaterra), Fuente Académica Premier de EBSCO (Estados Unidos), CABI (Inglaterra), Index Copernicus (Polonia), Informe Académico de Gale Cengage Learning (México), Periódica de la Universidad Nacional Autónoma de México (México), Oceanet (España) y Dialnet de la Universidad de la Rioja (España). También hace parte de los siguientes directorios: Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal Latindex (México), Índice Bibliográfico Actualidad Iberoamericana (Chile), e-Revistas (España), DOAJ (Suecia), Ulrich de Proquest (Estados Unidos).

Tecnura es una revista arbitrada mediante un proceso de revisión entre pares de doble ciego. La periodicidad de la conformación de sus comités Científico y Editorial está sujeta a la publicación de artículos en revistas indexadas internacionalmente por parte de sus respectivos miembros.

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas, sus directivas, el Editor, el Comité Editorial y Científico no son responsables por la opinión y criterios expresados en el contenido de los artículos y estos se publican bajo la exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento del Comité Editorial.

Además de la versión impresa, la revista *Tecnura* tiene también una versión digital disponible en su página web: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura>

2. TIPOS DE ARTÍCULOS ACEPTADOS

De acuerdo con la clasificación del Índice Nacional de Publicaciones Científicas y Tecnológicas (Publindex-Colciencias), la revista *Tecnura* recibe postulaciones de artículos inéditos de los siguientes tipos:

Artículos de investigación científica y tecnológica: documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de proyectos de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro apartes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.

Artículos de reflexión: documento que presenta resultados de investigación desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico y recurriendo a fuentes originales.

Artículo de revisión: documento resultado de una investigación donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de las 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 al menos 50 referencias.

3. FORMATO DEL ARTÍCULO

3.1 Del lenguaje y estilo apropiado para la redacción de artículos

Deben emplearse estructuras de oraciones simples, evitando las que sean demasiado largas o complejas.

El vocabulario empleado debe ser básico y común. Los términos técnicos deben explicarse brevemente; asimismo, el significado de las siglas debe presentarse la primera vez que estas aparecen en el texto.

Los autores son responsables de que su trabajo sea conducido de una manera profesional y ética.

3.2 De la extensión de los documentos

Los artículos no deben tener una extensión de más de 25 páginas en tamaño carta y a doble espacio, con márgenes simétricas de 3 cm. Solo en el caso de los artículos de revisión las 25 páginas no incluyen las referencias bibliográficas.

3.3 Del formato de presentación

Los artículos presentados deben ser trabajos inéditos escritos en español o inglés y deben digitarse en Microsoft Word (2003 en adelante), cumpliendo con las siguientes indicaciones:

Letra *Times New Roman* de 12 puntos (a excepción de que se requiera lo contrario para algunos apartados).

Una columna a doble espacio.

Todas las márgenes de 3 cm.

Los párrafos se justifican, y no debe haber espacio entre los consecutivos.

No incluir saltos de página o finales de sección.

Si se desea resaltar palabras o frases del texto, no usar letra negrita sino letra cursiva.

Los decimales se deben señalar con coma (,) y no con un punto.

Los millares y millones se deben señalar con un espacio fino.

Evitar las notas de pie de página.

Se debe utilizar nomenclatura arábica hasta el tercer nivel únicamente.

3.4 De la estructura del documento

Los trabajos deben tener la siguiente estructura y cumplir con los siguientes requisitos:

Composición de un artículo

Todos los artículos remitidos para su evaluación y posible publicación por parte de la revista *Tecnura* deben tener por lo menos los siguientes componentes:

Título en español e inglés.
Información de los autores.
Resumen en español e inglés.
Palabras clave en español e inglés.
Introducción.
Conclusiones.
Trabajo futuro (opcional).
Agradecimientos (opcional).
Referencias bibliográficas.

Si el artículo es de investigación científica y tecnológica deben tener, además de lo anterior, los siguientes componentes:

Metodología.
Resultados.
Financiamiento.

Título

El título del artículo deberá ser corto o dividido en título y subtítulo, atractivo para el lector potencial y escrito en mayúscula sostenida. Este debe aparecer centrado entre las márgenes, escrito con letra *Times New Roman*, en negrita, tamaño de fuente 18. El título del artículo debe ir en español e inglés separado por un espacio doble. Máximo 20 palabras.

Autores

Después del título debe escribirse el (los) nombre(s) completo(s) del (los) autor(es), acompañado de los datos biográficos básicos: título de pregrado, título de posgrado, ocupación o cargo, afiliación institucional (institución donde labora), dependencia, ciudad, país y correo electrónico. La información anterior debe ir inmediatamente debajo del nombre del autor.

Resumen

Debe establecer el objetivo y alcance del trabajo, una descripción clara y concisa de la metodología, los resultados y las conclusiones obtenidas. Máximo 250 palabras.

Palabras clave

Debe escogerse entre tres y diez palabras clave, escritas en español con letra *Times New Roman*, en negrita y cursiva.

Las palabras clave deben estar escritas en orden alfabético y ser de uso estandarizado, para lo cual se sugiere utilizar bases de datos internacionales según el área del conocimiento. Por ejemplo, en el área de Eléctrica y Electrónica se sugiere utilizar el tesoro de la UNESCO que se pueden encontrar en la página:<http://databases.unesco.org/thessp>.

Abstract

Debe ser una traducción correcta y precisa al idioma inglés del texto que aparece en el resumen en español.

Keywords

Debe ser una traducción correcta y precisa al idioma inglés de la lista de palabras clave en español.

Las *keywords* deben estar escritas en el orden de las palabras clave y ser de uso estandarizado, para lo cual se sugiere utilizar bases de datos internacionales según el área del conocimiento. Por ejemplo, en el área de Eléctrica y Electrónica se sugiere utilizar los Tesoros de la IEEE y/o World Bank que se pueden encontrar en las siguientes páginas respectivamente:http://www.ieee.org/documents/2009Taxonomy_v101.pdf, <http://multites.net/mtsql/wb/site/default.asp>

Introducción

Debe describir el planteamiento general del trabajo, así como contexto, antecedentes, estado de arte de la temática abordada, objetivo y posible alcance del trabajo.

Metodología

La redacción de este apartado debe permitir a cualquier profesional especializado en el tema replicar la investigación.

Resultados

Explicación e interpretación de los hallazgos. Si es necesario, se puede presentar una discusión breve y enfocada a la interpretación de los resultados.

Conclusiones

Implicación de los resultados y su relación con el objetivo propuesto.

Financiamiento

Mencionar la investigación asociada de la cual se derivó el artículo y la entidad que avaló y financió dicha investigación.

Agradecimientos

Preferiblemente deben ser breves y deben incluir los aportes esenciales para el desarrollo del trabajo.

Ecuaciones

Deben aparecer centradas con respecto al texto principal. Las ecuaciones deben ser referenciadas con números consecutivos (escritos entre paréntesis cerca al margen derecho). Las ecuaciones se citan en el texto principal empleando la palabra ecuación y seguida del número entre paréntesis. Las ecuaciones deben ser elaboradas en un editor de ecuaciones apropiado y compatible con el paquete de software InDesign, por ejemplo, el editor de ecuaciones de Windows.

Tablas

Para el caso de realización de tablas se recomienda que estas no sean insertadas como imágenes,

considerando que en este formato no pueden ser modificadas. El encabezado de cada tabla debe incluir la palabra Tabla (en negrita) seguida del número consecutivo correspondiente y de un breve nombre de la tabla. El encabezado debe estar escrito con letra Times New Roman, en cursiva y tamaño de fuente 9.

No se presentan cuadros sino tablas y estas se deben levantar automáticamente desde el procesador de textos. Las tablas deben ir nombradas y referenciadas en el artículo, en estricto orden. Toda tabla debe tener en su parte inferior la fuente de la que fue tomada, o mencionar que es autoría de los autores si es el caso.

Figuras

Todas las figuras o fotografías deben enviarse en formato PNG o TIFF con una resolución mínima de 300 DPI, adaptadas a escala de grises.

El pie o rótulo de cada figura debe incluir la palabra Figura (en negrita) seguida del número consecutivo correspondiente y de una breve descripción del contenido de la figura. El pie de figura debe estar escrito con letra *Times New Roman*, en cursiva y tamaño de fuente 9. Las figuras deben ir nombradas y referenciadas en el artículo, en estricto orden. Toda figura debe tener también la fuente de la que fue tomada, o mencionar que es autoría de los autores si es el caso.

Símbolos

Los símbolos de las constantes, variables y funciones en letras latinas o griegas –incluidos en las ecuaciones– deben ir en cursiva; los símbolos matemáticos y los números no van en cursiva. Se deben identificar los símbolos inmediatamente después de la ecuación. Se deben utilizar las unidades, dimensiones y símbolos del sistema internacional.

Cuando se empleen siglas o abreviaturas, se debe anotar primero la equivalencia completa, seguida de la sigla o abreviatura correspondiente entre paréntesis y en lo subsecuente se escribe solo la sigla o abreviatura respectiva.

Referencias bibliográficas

El estilo de citación de referencias adoptado por la revista **Tecnura** es APA sexta edición. Las citas, referencias bibliográficas e infografía se incluyen al final del artículo. Las referencias bibliográficas deben ordenarse alfabéticamente de acuerdo con el primer apellido del primer autor, sin numeración.

Solo deben aparecer las referencias que fueron citadas en el texto principal del trabajo, en las tablas o en las figuras. Es decir, en la lista no deben aparecer otras referencias aunque hayan sido consultadas por los autores para la preparación del trabajo. Sugerimos utilizar herramientas como: *Citas y bibliografía* de Microsoft Word (para APA sexta edición versión 2013 o superior), *Zotero*, *Mendeley*, entre otras.

El llamado de una referencia bibliográfica se inserta en el texto, en el punto pertinente, bajo ciertas características:

Si la oración incluye el apellido del autor, solo se debe escribir la fecha dentro de un paréntesis, ejemplo:

Cuando Vasco (2012), analizó el problema de presentado en

Cuando no se incluye el autor en la oración, debe ir entre el paréntesis el apellido y la fecha.

La investigación de materiales dio una visión en el área (Martínez, 2012).

Si el documento u obra tiene más de dos autores, se debe citar la primera vez con todos los apellidos.

1990. (Fernández Morales, Villa Krieg & Caro de Villa, 2008)

En las menciones siguientes, solo se debe escribir el primer apellido del autor, seguido de un "et al".

En cuanto al estudio de las aguas, Fernández Morales et al. (2008) encontraron que ...

Cuando el documento u obra tiene más de seis autores, se debe utilizar desde la primera mención el "et al".

A continuación se describen una serie de ejemplos de las referencias más utilizadas, según

el estilo de referencias adoptado por la revista **Tecnura**:

Publicaciones Periódicas:

Forma Básica

Apellidos, A. A., Apellidos, B. B. & Apellidos, C. C. (Fecha). Título del artículo. *Título de la publicación*, volumen (número), pp. xx-xx. doi: xx.xxxxxxx

Artículo básico

Guevara López, P., Valdez Martínez, J., Agudelo González, J., & Delgado Reyes, G. (2014). Aproximación numérica del modelo epidemiológico SI para la propagación de gusanos informáticos, simulación y análisis de su error. *Revista Tecnura*, 18(42), 12 -23. doi:http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2014.4.a01

Artículo web

Rodríguez Páez, S., Fajardo Jaimes, A., & Páez Rueda, C. (2014). Híbrido rat-race miniaturizado para la banda ISM 2,4 GHZ. *Revista Tecnura*, 18(42), 38-52. Recuperado de <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/article/view/8059/9675>

Libros:

Forma Básica

Apellidos, A. A. (Año). *Título*. Ciudad: Editorial.

Apellidos, A. A. (Año). *Título*. Recuperado de <http://www.xxxxxx.xxx>

Apellidos, A. A. (Año). *Título*. doi: xx.xxxxxxxx

Apellidos, A. A. (Ed.). (Año). *Título*. Ciudad: Editorial.

Libro con autor

Goleman, D. (2000). *La inteligencia emocional: Por qué es más importante que el cociente intelectual*. México: Ediciones B.

Libro con editor:

Castillo Ortiz, A. M. (Ed.). (2000). *Administración educativa: Técnicas, estrategias y prácticas gerenciales*. San Juan: Publicaciones Puertorriqueñas

Libro versión electrónica:

Montero, M. & Sonn, C. C. (Eds.). (2009). *Psychology of Liberation: Theory and applications*. [Versión de Springer]. doi: 10.1007/978-0-387-85784-8

Informe técnico:

Forma Básica

Apellidos, A. A. (Año). *Título*. (Informe Núm. xxx). Ciudad: Editorial

Informe con autores

Weaver, P. L., & Schwagerl, J. J. (2009). *U. S. Fish and Wildlife Service refuges and other nearby reserves in Southwestern Puerto Rico*. (General Technical Report IITF-40). San Juan: International Institute of Tropical Forestry.

Informe de una agencia del gobierno

Federal Interagency Forum on Child and Family Statistics. *America's Children: Key National Indicators of Well-Being, 2009*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office. Recuperado de <http://www.childstats.gov/pubs/index.asp>

Tesis

Forma Básica

Apellidos, A. A. (Año). *Título*. (Tesis inédita de maestría o doctorado). Nombre de la institución, Localización.

Tesis inédita, impresa

Muñoz Castillo, L. (2004). *Determinación del conocimiento sobre inteligencia emocional que poseen los maestros y la importancia que le adscriben al concepto en el aprovechamiento de los estudiantes*. (Tesis inédita de maestría). Universidad Metropolitana, San Juan, PR.

Tesis de base de datos comercial

Santini Rivera, M. (1998). *The effects of various types of verbal feedback on the performance of selected motor development skills of adolescent males with Down syndrome*. (Tesis doctoral). Disponible

en la base de datos ProQuest Dissertations and Theses. (AAT 9832765).

Tesis web

Aquino Ríos, A. (2008). *Análisis en el desarrollo de los temas transversales en los currículos de español, matemáticas, ciencias y estudios sociales del Departamento de Educación*. (Tesis de maestría, Universidad Metropolitana). Recuperado de http://suagm.edu/umet/biblioteca/UMTESIS/Tesis_Educacion/ARAquinoRios1512.pdf

Estándares o patentes

Forma Básica

Apellidos, A. A. Título de la patente. País y número de la patente. Clasificación de la patente, fecha de concesión oficial. Número y fecha de solicitud de la patente, paginación.

Hernández Suárez, C. A., Gómez Saavedra, V. A., & Peña Lote, R. A. Equipo medidor de indicadores de calidad del servicio de energía eléctrica para usuario residencial. Colombia., 655. G4F 10/0, 15 de Marzo 2013. 27 de Octubre 2011, 147

4. ENVÍO DE ARTÍCULOS

Los autores deben enviar sus artículos a través de la aplicación para tal fin del Open Journal System en formato digital, adjuntando la carta de presentación y el formato de información artículo-autores.

4.1 Carta de presentación

El artículo debe ir acompañado de una carta de presentación dirigida al director y editor de la revista, Ing. Cesar Augusto García Ubaque, donde incluya:

Solicitud expresa de considerar su artículo para publicarlo en la revista Tecnura.

Título completo del trabajo.

Nombres completos de todos los autores del trabajo.

Certificación de la originalidad y el carácter inédito del trabajo.

Exclusividad de su remisión a la revista *Tecnura*.
Confirmación de la autoría con la firma de todos los autores.

Esta carta deberá estar firmada por todos los autores, escanearse y enviarse junto con los demás documentos solicitados.

4.2 Formato de información artículo-autores

El artículo además debe ir acompañado de un formato de información sobre el artículo y sus autores, el cual se puede descargar de la página web de la revista *Tecnura*: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura>, en la sección "Formatos y Documentos". Es importante completar todos los campos de información solicitados, algunos de ellos tienen comentarios para aclarar mejor lo que se está solicitando. El formato no debe escanearse.

4.3 Artículo

Artículo en formato digital (Word 2003 en adelante) que cumpla con todas las normas de presentación descritas en el capítulo 3, "Formato del artículo", de la presente en las instrucciones a los autores.

5. PROCEDIMIENTO PARA LA PUBLICACIÓN

El procedimiento que sigue la revista *Tecnura* para la evaluación y posible publicación de los trabajos enviados por los autores es el siguiente en orden cronológico:

Envío del artículo acompañado de la carta de presentación y el formato de información por parte de los autores.

Notificación al autor de correspondencia de la recepción del artículo.

Verificación del tema del artículo con respecto a las áreas de interés de la revista.

Verificación de las normas de presentación por parte del monitor de la revista.

Notificación al autor de correspondencia de la evaluación de las normas de presentación.

Envío de las correcciones realizadas por los autores con respecto a la evaluación de las normas de presentación.

Envío del artículo a los árbitros seleccionados.

Notificación del inicio del proceso de arbitraje del artículo.

Notificación a los autores de la decisión tomada por el Comité Editorial y de las evaluaciones hechas por los árbitros.

Envío de las correcciones realizadas por los autores con respecto a las evaluaciones de los árbitros.

Estudio de la versión final del artículo y de las evaluaciones de los árbitros por parte del Comité Editorial.

Envío por parte de los autores de la carta de cesión de derechos al editor de la revista.

Envío de la versión con corrección de estilo y diagramada a los autores.

Verificación de errores y aprobación final de la versión con corrección de estilo y diagramada por parte de los autores.

Publicación del artículo en el número correspondiente de la revista *Tecnura*.

Notificación a los autores de la publicación del número de interés.

Envío de un ejemplar de la revista a cada autor del artículo publicado.

6. PROCESO DE ARBITRAJE DE ARTÍCULOS

Considerando la periodicidad trimestral de la revista, el Comité Editorial realiza cuatro convocatorias anuales para la recepción de artículos, aproximadamente en los meses de febrero, mayo, agosto y noviembre. Los artículos serán recibidos hasta la fecha máxima establecida en cada convocatoria.

Una vez recibidos los artículos el monitor de la revista realizará una primera evaluación de forma para verificar que cumplan con todos los elementos mencionados en esta guía de instrucciones a los autores. Luego de recibir nuevamente el artículo con las correcciones de forma solicitadas por el

monitor de la revista, este será sometido a evaluación por tres pares académicos (paulatinamente se espera incorporar un mayor número de pares externos que participen en el proceso).

Cada artículo remitido a la revista *Tecnura* es revisado por dos pares académicos externos a la institución de los autores, mediante un proceso de “revisión entre pares” (*Peer-review*) de doble-ciego, garantizando el anonimato de los autores y evaluadores; se considera confidencial todo trabajo recibido y así se le exige a sus evaluadores.

Las posibles conclusiones de los resultados de la evaluación por parte de los árbitros son únicamente tres: publicar el artículo sin modificaciones, publicar el artículo con modificaciones o no publicar el artículo.

Posteriormente, el Comité Editorial toma la decisión de publicar o no los artículos, con base en los resultados de las evaluaciones realizadas por los árbitros asignados. En caso de existir contradicciones en las evaluaciones con respecto a la publicación de un artículo, el Comité Editorial enviará el artículo a un tercer árbitro y se inclinará por las dos evaluaciones que tengan el mismo concepto respecto a la publicación del artículo.

En cada convocatoria el autor de correspondencia debe sugerir al menos cuatro posibles evaluadores externos a su institución laboral, los cuales deben ser especialistas en el tema específico del artículo remitido, tener al menos maestría y por lo menos dos deben ser internacionales. Los posibles evaluadores pueden pertenecer a una universidad o industria, pública o privada; de estos se debe proporcionar el nombre completo, su formación académica más alta, su afiliación institucional y su correo electrónico. Estos cuatro potenciales

evaluadores serán analizados por el Comité Editorial a fin de ampliar la base de datos de los árbitros de la revista *Tecnura*.

El Comité Editorial de la revista *Tecnura* se reserva los derechos de impresión, reproducción total o parcial del artículo, así como el de aceptarlo o rechazarlo. Igualmente, se reserva el derecho de hacer cualquier modificación editorial que estime conveniente; en tal caso el autor recibirá por escrito recomendaciones de los evaluadores. Si las acepta, deberá entregar el artículo con los ajustes sugeridos dentro de las fechas fijadas por la revista para garantizar su publicación dentro del número programado.

6. CONTACTO

Para cualquier solicitud de información adicional puede comunicarse a través del correo electrónico de la revista *Tecnura*: tecnura@udistrital.edu.co, tecnura@gmail.com, o por mensajería con el Ing. Cesar Augusto García Ubaque, Director y Editor de la revista *Tecnura*, a la dirección:

Revista Tecnura
Sala de Revistas, Bloque 5, Oficina 305.
Facultad Tecnológica
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Transversal 70 B N. 73 a 35 sur
Teléfono: 571 – 3239300 Extensión: 5003
Celular: 57–3153614852
Bogotá D.C., Colombia
Email:
tecnura.ud@correo.udistrital.edu.co, tecnura@gmail.com
Página web:
<https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura>



INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Tecnura journal District francisco José de caldas university Faculty of technology

CONTENT

Scope and editorial policy of the journal
Type of accepted articles
Article format
Article submission
Publication procedure
Article arbitration
Contact

SCOPE AND EDITORIAL POLICY OF THE JOURNAL

Tecnura journal is an institutional publication of the Faculty of Technology from University Francisco José de Caldas. It is a scientific and technological publication with quarterly periodicity, which is published in January, April, July and October. The first issue appeared in the second semester of 1997 and up to now it has maintained its regularity.

The areas of interest of *Tecnura journal* are focused on all engineering fields such as electronics, telecommunications, electricity, systems, industrial, mechanics, cadastral, civil, environmental, among others. However, it is not restricted to those; it also has room for education and health issues, as long as they are related to engineering. The journal will only publish concerning scientific and technological research, reflection and revision. In consequence, during the initial editorial evaluation, short articles and case reports will be rejected.

Tecnura Journal is addressed for professors, researchers, students and professionals interested in permanent update of their knowledge and follow-up of scientific-technologic processes in the field of engineering. *Tecnura Journal* has as mission

to disseminate results of research projects in the areas of engineering, through the publication of original and unpublished articles, conducted by academics and professionals accredited by public or private national or foreign institutions. Articles submitted to *Tecnura journal* must be unpublished works written in Spanish or English; nevertheless, preference will be given to articles that show innovative concepts of great interest, related to the objective and scope of the journal.

Tecnura is an academic publication indexed in the Regional Index Scielo Colombia (Colombia) and Redalyc (México); as well as of the following bibliographic databases: INSPEC of the Institution of Engineering and Technology (England), Fuente Académica Premier of EBSCO (United States), CABI (England), Index Copernicus (Poland), Informe Académico of Gale Cengage Learning (México), Periódica from the Universidad Nacional Autónoma de México (México), Oceanet (Spain) and Dialnet from the Universidad de la Rioja (Spain). It is also part of the following directories: Online Regional Information System for Scientific journals from Latin America, Caribbean, Spain and Portugal Latindex (México), Bibliographic Index Actualidad Iberoamericana (Chile), e-Revistas (Spain), DOAJ (Sweden) and Ulrich of Proquest (United States).

Tecnura is a journal arbitrated by a revision process among double blind peers. The schedule of the conformation of its scientific and editorial committee is subject to the publication of articles in internationally indexed journals by their members.

District University Francisco José de Caldas, its directors, the editor, the editorial and scientific committee are not responsible for the opinions and the criteria expressed in the content of the articles

and they are published under the exclusive responsibility of the authors and do not necessarily reflect the ideas of the editorial committee.

In addition to the printed version, *Tecnura* journal also has a digital version available in its web page: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/index>

TYPE OF ARTICLES ACCEPTED

According to the classification of the Scientific and Technological Publications National Index (Publindex-Colciencias), *Tecnura* journal receives nominations of unpublished articles on the following topics:

Scientific and technological research articles:

document that presents, in a detailed manner, the original results of research projects. The generally used structure contains four main parts: introduction, methodology, results and conclusions.

Reflection articles: document that presents research results from an analytic, interpretative or critic perspective from the author, dealing with a specific topic and adopting original sources.

Review article: document that results from a research where the results of published or unpublished research on a science or technology field are analyzed, systematized and integrated, in order to state the advances and tendencies in development. It is characterized for presenting a careful bibliographical review of at least 50 references.

ARTICLE FORMAT

About the appropriate language and style for articles writing

Authors must use simple sentence structures, avoiding those too long or complex.

The vocabulary used must be basic and common. Technical language must be briefly explained; also, the meaning of the acronyms must be given the first time they appear in the text.

The authors are responsible for their work to be conducted in a professional and ethic manner.

About the length of articles

The articles should not exceed 25 pages in letter size and double space, with symmetric margins of 3 cm. Only in the case of review articles, these 25 pages do not include references.

About the presentation format

Submitted articles must be unpublished works written in Spanish or English, and must be typed in Microsoft Word (2003 and beyond), complying with the following indications:

Times New Roman letter, 12 point (except it is required for some sections).

One column, double-spaced.

All the margins 3 cm.

Paragraphs should be justified without spaces between consecutives and without cutting words.

Do not include page breaks or section finals.

If you want to emphasize words or phrases from the text, do not use bold letters but italic.

Decimals should be pointed with comma (,) and not with period (.).

Thousands and millions should be pointed with a fine space.

Avoid footnotes.

Arabic nomenclature must be used only until the third level.

About the article structure

The papers must have the following structure and comply with the following requirements:

Composition of an article

All the articles submitted for evaluation and possible publication by the *Tecnura* Journal must have at least the following components:

Title in Spanish and English.

Information about the authors.

Abstract in Spanish and English.

Key words in Spanish and English.
Introduction.
Conclusions.
Future work (optional).
Acknowledgements (optional).
Bibliographical references.

If the article is related to scientific and technological research must have, in addition to the above, the following components:

Methodology.
Results.
Financing.

Title

The title of the article must be short or divided in title and subtitle, attractive for the potential reader and written in capital letters. It should appear centered between the margins, written in *Times New Roman* letter, in bold, font size 18. The title of the article has to be in Spanish and English separated by double space. Maximum 20 words.

Authors

After the title the complete name(s) of the author(s) must be written, with their basic biographical data: undergraduate degree, graduate degree, occupation or position, institutional affiliation (institution where they work), dependency, city, country and e-mail. The above information must be immediately below the author's name.

Abstract

The scope and purpose of the work must be established giving a clear and concise description of the methodology, results presented and the conclusions obtained. Maximum of 250 words.

Keywords

Between three and ten keywords must be chosen, written in English with *Times New Roman* letter in bold and italic.

Key words must be written in alphabetic order and must be as standard as possible, for which it is suggested the use of international databases according to the area of knowledge. For example, in the area of Electrics and Electronics it is suggested to use the IEEE thesaurus and World Bank thesaurus that can be accessed at the following web pages respectively:

http://www.ieee.org/documents/2009Taxonomy_v101.pdf

<http://multites.net/mtsml/wb/site/default.asp>

Abstract in Spanish

Translation to the Spanish language of the text that appears in the abstract, it must be correct and precise.

Keywords in Spanish

Translation to the English language of the keywords in Spanish, they must be correct and precise.

Keywords must be written in the order of the English version and must be as standard as possible, for which it is suggested the use of international databases according to the area of knowledge. For example, in the area of Electrics and Electronics it is suggested to use the UNESCO thesaurus that can be found at the following web pages:

<http://databases.unesco.org/thessp>

Introduction

The general idea of the work must be described, its context, backgrounds, state of the art of the topic, objectives and possible scope of the work.

Methodology

The writing of this part must allow any specialized professional in the topic to replicate the research.

Results

Explanation and interpretation of the findings. If necessary, a brief discussion focused on the interpretation of the results can be presented.

Conclusions

Implication of the results and their relation to the proposed objective.

Financing

Mention the associated research from which the article was derived and the entity that endorsed and financed the research.

Acknowledgments

They should preferably be brief and include the essential contributions for the development of the paper.

Equations

Equations must appear centered with respect to the main text. They must be referenced with consecutive numbers (written in parenthesis close to the right margin). Equations are cited in the main text employing the word equation, and followed by the number in parenthesis. Equations must be made in an appropriate equation editor and compatible with "InDesign" software, as for example the equation editor of Windows.

Tables

In the case of implementation of tables, it is recommended that these are not inserted as images, considering that in that format they cannot be modified. The title of each table must include the word table (in italic) followed by the corresponding consecutive number and a brief name of the table. The heading must be written in TNR letter, italic and font size 9.

Charts are not presented but tables and they should be automatically raised from the text processor. Tables should be named and referenced in the article, in strict order. Every table must have at the bottom the source from which it was taken, or to mention self-authorship if it is the case.

Figures

All the figures or pictures have to be sent in JPG or PNG format with a minimum resolution of 300 DPI, adapted to gray scale.

The footnote or name of each figure must include the word figure (in italic) followed by the corresponding consecutive number and a brief description of the content of the figure. The footnote of the figure must be written in *Times New Roman* letter, italic and font size 9. Figures must be named and referenced in the article, in strict order. Every figure must have at the bottom the source from which it was taken, or to mention self-authorship if it is the case.

Symbols

The symbols of the constants, variables and functions in Latin or Greek letters –included in the equations- must be in italic; the mathematical symbols and the numbers do not go in italic. The symbols must be identified immediately after the equation. Units, dimensions and symbols of the international system must be used

When using acronyms or abbreviations, the complete equivalence should be written first, followed by the corresponding acronym or abbreviation in parenthesis and from there it is only written the respective acronym or abbreviation.

Bibliographic references

The adopted reference citation style by *Tecnura* journal is APA sixth edition. The cites, bibliographic references and infography are included in the last part of the article. The bibliographic references must be alphabetically ordered according to the author's first surname, without numbering.

There should only appear the cited references in the main body of the work, in tables or in figures. It means, in the list there should not appear other references although they have been consulted by the authors for the work preparation. We suggest using tools such as: Cites and bibliography from Microsoft Word (for APA sixth edition version 2013 or superior), Zotero, Mendeley, among others.

The call for a bibliographic reference is inserted in the text, at the pertinent point, under certain characteristics:

If the sentence includes the author's surname, it should only be written the date into a parenthesis, for instance:

Cuando Vasco (2012), analizó el problema de presentado en

When the author is not included in the sentence, surname and date must be into a parenthesis.

La investigación de materiales dio una visión en el área (Martínez, 2012).

If the document or work has more than two authors, the first cite must include all the surnames.

1990. (Fernández Morales, Villa Krieg & Caro de Villa, 2008)

In the following mentions, it must only be written the author's first surname, followed by "et al."

En cuanto al estudio de las aguas, Fernández Morales et al. (2008) encontraron que ...

When the document or work has more than six authors, it must be used from the first mention "et al."

Next it is described a series of examples of the more used references, according to the reference style adopted by *Tecnura* journal:

Periodical Publications:

Basic Form

Surnames, A. A., Surnames, B. B. & Surnames, C. C. (Date). Article's title. *Title of the publication*, volume (number), pp. xx-xx. doi: xx.xxxxxxx

Basic article

Guevara López, P., Valdez Martínez, J., Agudelo González, J., & Delgado Reyes, G. (2014). Aproximación numérica del modelo epidemiológico SI para la propagación de gusanos informáticos, simulación y análisis de su error. *Revista Tecnura*, 18(42), 12 -23. doi:http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2014.4.a01

Web article

Rodríguez Páez, S., Fajardo Jaimes, A., & Páez Rueda, C. (2014). Híbrido rat-race miniaturizado para la banda ISM 2,4 GHZ. *Revista Tecnura*, 18(42),

38-52. Recuperado de <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/article/view/8059/9675>

Books:

Basic Form

Surnames, A. A. (Year). *Title*. City: Editorial.

Surnames, A. A. (Year). *Title*. Recovered from <http://www.xxxxxx.xxx>

Surnames, A. A. (Year). *Title*. doi: xx.xxxxxxxx

Surnames, A. A. (Ed.). (Year). *Title*. City: Editorial.

Book with author

Goleman, D. (2000). *La inteligencia emocional: Por qué es más importante que el cociente intelectual*. México: Ediciones B.

Book with editor:

Castillo Ortiz, A. M. (Ed.). (2000). *Administración educativa: Técnicas, estrategias y prácticas gerenciales*. San Juan: Publicaciones Puertorriqueñas

Book electronic version:

Montero, M. & Sonn, C. C. (Eds.). (2009). *Psychology of Liberation: Theory and applications*. [Versión de Springer]. doi: 10.1007/ 978-0-387-85784-8

Technical report:

Basic Form

Surnames, A. A. (Year). *Title*. (Report No. xxx). City: Editorial

Report with authors

Weaver, P. L., & Schwagerl, J. J. (2009). *U. S. Fish and Wildlife Service refuges and other nearby reserves in Southwestern Puerto Rico*. (General Technical Report IITF-40). San Juan: International Institute of Tropical Forestry.

Report from a Government agency

Federal Interagency Forum on Child and Family Statistics. *America's Children: Key National Indicators of Well-Being, 2009*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office. Recuperado de <http://www.childstats.gov/pubs/index.asp>

Thesis

Basic form

Surnames, A. A. (Year). Title. (Unpublished master or doctorate thesis). Institution name, Location.

Unpublished thesis, printed

Muñoz Castillo, L. (2004). *Determinación del conocimiento sobre inteligencia emocional que poseen los maestros y la importancia que le adscriben al concepto en el aprovechamiento de los estudiantes*. (Tesis inédita de maestría). Universidad Metropolitana, San Juan, PR.

Commercial database thesis

Santini Rivera, M. (1998). *The effects of various types of verbal feedback on the performance of selected motor development skills of adolescent males with Down syndrome*. (Tesis doctoral). Disponible en la base de datos ProQuest Dissertations and Theses. (AAT 9832765).

Web thesis

Aquino Ríos, A. (2008). *Análisis en el desarrollo de los temas transversales en los currículos de español, matemáticas, ciencias y estudios sociales del Departamento de Educación*. (Tesis de maestría, Universidad Metropolitana). Recuperado de http://suagm.edu/umet/biblioteca/UMTESIS/Tesis_Educacion/ARAquinoRios1512.pdf

Standards or patents

Basic form

Surnames, A. A. Title of the patent. Country and number of the patente. Classification of the patent, date of official license. Number and date of patent request, pagination.

Hernández Suárez, C. A., Gómez Saavedra, V. A., & Peña Lote, R. A. Equipo medidor de indicadores de calidad del servicio de energía eléctrica para usuario residencial. Colombia., 655. G4F 10/0, 15 de Marzo 2013. 27 de Octubre 2011, 147

ARTICLE SUBMISSION

Authors must submit their articles through the application Open Journal System in digital format, attaching the cover letter and the article-authors format.

Cover letter

The article must be submitted with a cover letter addressed to the director and editor of the journal, Engineer Cesar Augusto Garcia Ubaque, including:

Specific request to consider your article to be published in Tecnura journal.

Full title of the article.

Full names of all the authors of the paper.

Certification of the originality and unpublished character of the paper.

Exclusivity of submission to Tecnura journal.

Authoring confirmation with signature of all the authors.

This letter must be signed by all the authors, scanned and sent with the remaining requested documents.

Article-authors information format

The article has to be submitted with an information format about the article and its authors which can be downloaded from the web page of Tecnura journal <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/index>, in the section "Forms and Documents". It is important to complete all the fields of information requested, some of them have comments to clarify better what is being requested. The format must not be scanned.

Article

Article in digital format (Word 2003 and later editions) that complies with all the presentation rules described in chapter three, "Article structure", of this guide of instructions for authors.

PUBLICATION PROCEDURE

The procedure to be followed by Tecnura journal for the evaluation and possible publication of the papers sent by the authors is the following in chronological order:

- Delivery of the article with the cover letter and the information format by the authors.
- Notification to the author about the reception of the article.
- Verification of the presentation rules by the monitor of the journal.
- Notification to the author about the evaluation of the presentation rules.
- Submission of corrections made by the authors related to the evaluation of presentation rules.
- Submission of the articles to the selected arbitrators.
- Notification of the beginning of the arbitration process of the article.
- Notification to the authors about the decision made by the editorial committee, and about the evaluations made by the arbitrators.
- Delivery of the corrections made by the authors with respect to the evaluations made by the arbitrators.
- Study of the final version of the article and the evaluations of the arbitrators by the editorial committee.
- Delivery by the authors of the letter that surrenders right to the editor of the journal.
- Submission of the version with style corrections and diagrammed to the authors.
- Verification of errors and final approval of the version with style corrections and diagrammed by the authors.
- Publication of the article in the corresponding number of Tecnura journal.
- Notification to the authors of the number of interest.
- Delivery of a copy of the journal to each one of the authors of the published article.

ARTICLE ARBITRATION PROCESS

Considering the quarterly periodicity of the journal, the Editorial Committee makes four calls every year for the submission of articles, approximately in the months of February, May, August and November. The articles will be received until the date established in the call.

Once received the articles, the monitor of the journal will make an initial form evaluation to verify the completion of the elements mentioned in this guide of instructions to authors. After receiving again the article with the requested corrections by the journal's monitor, the paper will be submitted to evaluation by three academic peers (through time it is expected to include more external peers to participate in the process).

Each article sent to Tecnura journal is checked by two expert academic peers external to the institution of the authors, by a process of "Peer-review" of double blind, guaranteeing the anonymity of authors and evaluators; every paper sent is considered confidential and so it is demanded to evaluators.

Possible conclusions of the result of the evaluation by the judges are only three: publish the article without modifications, publish the article with modifications and not publish the article.

Subsequently, the Editorial Committee takes the decision to publish or not the articles, based on the results of the evaluations made by the assigned arbitrators. In case of contradictions in the evaluations with respect to the publication of an article, the editorial committee will send the article to a third peer and will be inclined for the two evaluations that have the same concept with respect to the publication of the article.

In each call the main author must suggest at least four possible external arbitrators to his work institution evaluators, who must be specialists in the specific topic of the article sent and must have at least Masters level, and at least two must be international. Potential evaluators can belong to a university or industry, public or private; their

complete names must be provided, highest academic formation, institutional affiliation and e-mail. The editorial committee will analyze these four potential evaluators in order to enrich the database of arbitrators of *Tecnura* journal.

The Editorial Committee of *Tecnura* journal reserves the right to print, reproduce total or partially the article, as the right to accept or reject it. In the same way, it has the right to make any editorial modification that considers necessary; in this case the author will receive written recommendations from the evaluators. If accepted, authors must deliver the article with the suggested adjustments within the dates given by the journal to guarantee its publication in the programmed number.

CONTACT

For any additional information request, please send an e-mail to *Tecnura* journal tecnura@udistrital.edu.co, tecnura@gmail.com or by mail to Cesar Augusto Garcia Ubaque, Director and Publisher of *Tecnura* Journal, to the following address:

Tecnura Journal
Journals Room, Block 5, Office 305.
Faculty of Technology
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Transversal 70 B N. 73 a 35 sur
Phone: 571-3239300 Extension: 5003
Mobile: 57-3153614852
Bogotá D.C., Colombia
Email:
tecnura.ud@correo.udistrital.edu.co, tecnura@gmail.com
Web page:
<https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/index>