

EDITORIAL

INVESTIGACIÓN

Metodología APRENDYSAGE aplicada a los casos de estudio: Briceño (Boyacá) y Cajicá (Cundinamarca)

APRENDYSAGE methodology applied to the study cases: Briceño-Boyacá and Cajicá-Cundinamarca

ALEXIS FERNANDO LADINO TAMAYO, JEIMY ALEXANDRA MARTÍNEZ ROJAS, CLARA INÉS BURITICÁ ARBOLEDA

Operational planning capacities associated with profitability of service companies. A system dynamics approach

Planeación de capacidades operativas asociadas a la rentabilidad en empresas prestadoras de servicios. Un enfoque de dinámica de sistemas

BECCERRA FERNÁNDEZ MAURICIO, HERRERA RAMÍREZ MILTON MAURICIO

10	ESTUDIO DE CASO La industria de sensores en Colombia The sensors industry in Colombia ANGÉLICA MERCEDES NIVIA VARGAS, IVÁN JARAMILLO JARAMILLO	44
13	REVISIÓN DE TEMA Alimentos funcionales: avances de aplicación en agroindustria Functional foods: advances of application in agroindustry DANIELA ARIAS LAMOS, LAURA NATALIA MONTAÑO DÍAZ, MARÍA ALEJANDRA VELASCO SÁNCHEZ, JADER MARTÍNEZ GIRÓN	55
29	Instrucciones para los autores Instructions for authors	69
32	SUSCRIPCIÓN SIGN UP	77 85 86

Tecnura

Revista Tecnura • Volumen 22 – Número 57 • Julio - Septiembre de 2018
p-ISSN: 0123-921X • e-ISSN: 2248-7638 • Bogotá D.C. Colombia

Tecnura

Tecnología y cultura, afirmando el conocimiento

p-ISSN: 0123-921X
Volumen 22 - Número 57
Julio - Septiembre de 2018

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica

Metodología APRENDYSAGE aplicada a los casos de estudio: Briceño (Boyacá) y Cajicá (Cundinamarca)

Operational planning capacities associated with profitability of service companies. A system dynamics approach

Alimentos funcionales: avances de aplicación en agroindustria



Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



Tecnura

Tecnología y cultura, afirmando el conocimiento

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica

Volumen 22 - Número 57
Julio - Septiembre de 2018
p-ISSN: 0123-921X
e-ISSN: 2248-7638



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

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

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

EDITOR

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

COMITÉ EDITORIAL

Ph.D. Ing. Electo Eduardo Silva
Universidad Federal de Itajuba, Brasil

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

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

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

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

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

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

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

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

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

COMITÉ CIENTÍFICO

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

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

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

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

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

Ph.D. Ing. Graciela Perera Olivares
Youngstown University, Estados Unidos

Ph.D. Ing. Clara Inés Buritica
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

EVALUADORES

PhD. Celestino González Nicieza
Universidad de Oviedo, España

PhD. José Antonio Villanueva Salas
Universidad Católica de Santa María, Perú

PhD. José Armando Molina Zamora
Universidad Autónoma de Guadalajara Campus Tabasco,
México

PhD. Oswaldo López Santos
Universidad de Ibagué, Colombia

PhD. Mireya Astrid Jaime Arias
Universidad Antonio Nariño, Colombia

MEng. José David Cortés
Universidad Industrial de Santander, Colombia

MEng. Luis Eduardo Palomino Bolívar
Universidade do Contestado, Brasil

MEng. Olga Teresita Regalado
Universidad Nacional de Catamarca, Argentina

MEng. Oscar David Flórez Cediel
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

ASISTENTES DE LA REVISTA TECNURA

MEng. Diego Armando Giral Ramírez

COORDINACIÓN EDITORIAL

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

Tecnura

Vol. 22 No. 57

Julio - Septiembre de 2018

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), IndexCorpernicus (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:
<http://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

Julián Hernández-Taller de Diseño
director@julianhernandez.co

IMPRESIÓN

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Formato: 21.5 x 28 cm
Papel: Bond 75g
Fuente: Optima LT Std
Tiraje: 400 ejemplares



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

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

EDITORIAL COMMITTEE

Ph.D. Ing. Electo Eduardo Silva
Universidad Federal de Itajuba, Brasil

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

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

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

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

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

Ph.D. Ing. Jorge Mario Gomez
Universidad de los Andes, Colombia

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

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

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

SCIENTIFIC COMMITTEE

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

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

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

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

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

Ph.D. Ing. Graciela Perera Olivares
Youngstown University, Estados Unidos

Ph.D. Ing. Clara Inés Buritica
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

EVALUATORS

PhD. Celestino González Nicieza
Universidad de Oviedo, España

PhD. José Antonio Villanueva Salas
Universidad Católica de Santa María, Perú

PhD. José Armando Molina Zamora
Universidad Autónoma de Guadalajara Campus Tabasco,
México

PhD. Oswaldo López Santos
Universidad de Ibagué, Colombia

PhD. Mireya Astrid Jaime Arias
Universidad Antonio Nariño, Colombia

MEng. José David Cortés
Universidad Industrial de Santander, Colombia

MEng. Luis Eduardo Palomino Bolívar
Universidade do Contestado, Brasil

MEng. Olga Teresita Regalado
Universidad Nacional de Catamarca, Argentina

MEng. Oscar David Flórez Cediel
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

TECNURA JOURNAL ASSISTANTS

MEng. Diego Armando Giral Ramírez

EDITORIAL COORDINATION

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

Tecnura

Vol 22 No. 56

April - June de 2018

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: <http://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

PRINTED BY

Universidad Distrital Francisco José de Caldas Press
Format: 21.5 x 28 cm
Paper: Bond 75g
Font: Optima LT Std
Printing: 400 copies

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 consideran 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 publish 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

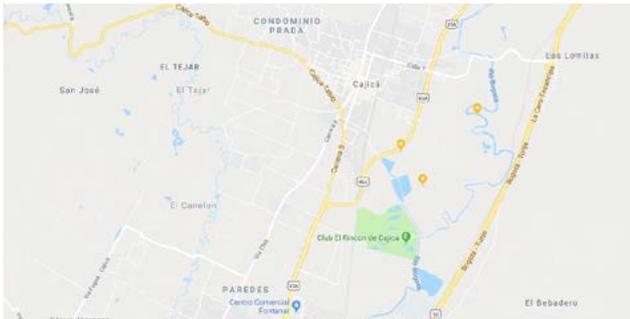
Any author, reader, reviewer or editor may refer their complaints to the competent authorities.

Contenido

EDITORIAL

10

INVESTIGACIÓN

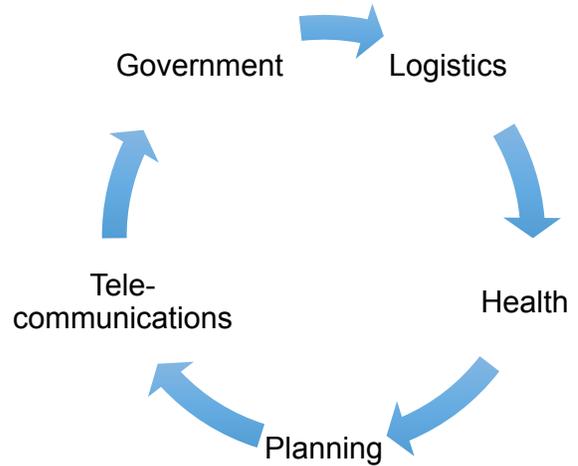


Metodología APRENDYSAGE aplicada a los casos de estudio: Briceño (Boyacá) y Cajicá (Cundinamarca)

APRENDYSAGE methodology applied to the study cases: Briceño-Boyacá and Cajicá-Cundinamarca

13

ALEXIS FERNANDO LADINO TAMAYO, JEIMY
ALEXANDRA MARTÍNEZ ROJAS, CLARA INÉS BURITICÁ
ARBOLEDA

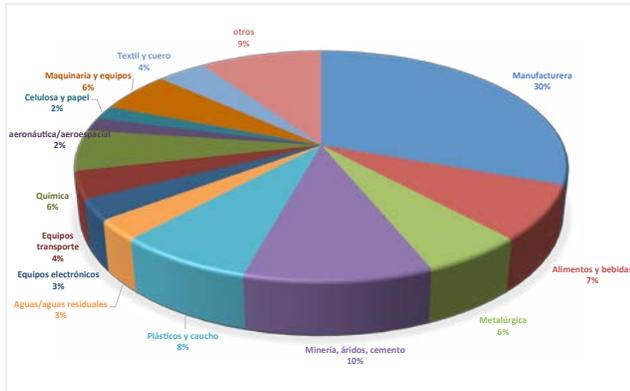


Operational planning capacities associated with profitability of service companies. A system dynamics approach

Planeación de capacidades operativas asociadas a la rentabilidad en empresas prestadoras de servicios. Un enfoque de dinámica de sistemas

BECERRA FERNÁNDEZ MAURICIO, HERRERA RAMIREZ
MILTON MAURICIO

ESTUDIO DE CASO



La industria de sensores en Colombia 44

The sensors industry in Colombia
ANGÉLICA MERCEDES NIVIA VARGAS, IVÁN
JARAMILLO JARAMILLO

REVISIÓN DE TEMA

Alimentos funcionales: avances de aplicación en agroindustria 55

Functional foods: advances of application in agroindustry

DANIELA ARIAS LAMOS, LAURA NATALIA MONTAÑO
DÍAZ, MARÍA ALEJANDRA VELASCO SÁNCHEZ, JADER
MARTÍNEZ GIRÓN

Instrucciones para los autores 69

Instructions for authors 77

SUSCRIPCIÓN 85

SIGN UP 86

EDITORIAL

La contaminación del aire es una amenaza importante para la salud pública mundial. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de dos millones de muertes prematuras al año son atribuibles a los efectos de la contaminación del aire en interiores y exteriores. Más de la mitad de la carga de enfermedad recae en las poblaciones de los países en desarrollo (Ostro 2004; OMS 2005).

En los últimos años el tema de la contaminación atmosférica en el país se ha posicionado en la agenda de discusiones académicas y políticas, es cada vez más visible en los medios de comunicación y se ha generado una mayor conciencia en la sociedad sobre los impactos de la calidad del aire en la salud humana. Diversos estudios epidemiológicos llevados a cabo en varias zonas del país han mostrado con evidencia aumentos en las tasas de morbilidad y mortalidad asociadas al incremento del material particulado (PM10), principal contaminante atmosférico del país. La respuesta por parte de la sociedad ha sido considerable, a tal punto que las Universidades, institutos de investigación, autoridades ambientales, empresas de consultoría y organizaciones no gubernamentales han llevado a cabo estudios a lo largo del país con el fin de entender la complejidad de esta problemática.

En Latinoamérica, ha habido una creciente preocupación por las relaciones entre los niveles de contaminación atmosférica y la salud de las personas (Bell, et al, 2006, Goncalves, et al, 2005), destacando que según la Organización Panamericana de la Salud, Bogotá es el tercer centro urbano con mayores niveles de contaminación atmosférica en América Latina (OPS, 2005, Lozano, 2004), siendo de mayor interés los niveles de material particulado (PM por sus siglas en inglés) que con frecuencia exceden los estándares establecidos (Gaitán, et al, 2007, SDA, 2007), principalmente con relación al combustible diesel de los vehículos de servicio público (Giraldo, et al, 2006). El PM tiene conocidos efectos negativos sobre la salud cardiovascular y respiratoria (WHO, 2005, Neas, 2000), estudiados principalmente en la población infantil de la ciudad (Arciniégas, et al, 2006, SDS, 2005, Solarte, et al, 2002).

Diferentes estudios han relacionado factores de la calidad del aire con la salud de la población. Por ejemplo, en México se encontró que las PM y el ozono estaban asociados a diferentes grados de disfunción cardiaca (Holguín, et al, 2003). En ciudades italianas se señaló que el Ozono y las PM resultan relevantes en términos de morbilidad y mortalidad aguda (Mitis, et al, 2007), mientras que en Estados Unidos se encontró que con frecuencia los más afectados son los niños de minorías pobres (Eggleston, 2007) y que los costos de la enfermedad pediátrica ambiental son altos, en contraste con los limitados recursos destinados a la investigación, el seguimiento y la prevención (Landrigan, et al, 2002).

Los resultados obtenidos evidencian que efectivamente una importante proporción de la atención médica generada en la ciudad de Bogotá puede estar relacionada con la calidad del aire de la ciudad. Sin embargo, se destaca que desde hace algún tiempo se vienen desarrollando algunas acciones de control tales como: educación, transferencia de tecnología, restricciones de tráfico, promoción de combustibles alternativos y sistemas masivos de transporte.

Con base en los datos recolectados, algunos estudios han estimado que con una reducción de entre 5 y 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en los niveles de concentración de PM10 en un periodo de tiempo de tres años; traería consigo una reducción cercana al 20% de las consultas realizadas asociadas a enfermedades respiratorias. En Colombia, el IDEAM en 2007 estimó para Bogotá una reducción de la consulta en la red hospitalaria de la ciudad de 40.674 a 37.420 casos. La reducción de costos asociados a la atención de estos eventos incluyendo consultas y hospitalizaciones se calculó que pasaría de 543 a 143 millones de U\$, de acuerdo con la función de dosis-respuesta aplicada. (IDEAM, 2007).

Sin embargo, es necesario evaluar su impacto con el fin de determinar el nivel de prioridad de las diferentes acciones y promover su implementación entre los diferentes actores sociales y las partes interesadas (Uribe, 2004, Llorente, 2009) y más aún, lograr resultados eficaces frente a los intereses particulares que se oponen a las acciones de control debido a que implican fuertes inversiones de índole económico (García, 2009).

CÉSAR AUGUSTO GARCÍA-UBAQUE
Director

EDITORIAL

Air pollution represents an important threat for global public health. According to the World Health Organization (WHO), more than two million premature deaths per year are attributable to the effects of indoor and outdoor air pollution, and more than half of the burden of disease falls on populations in developing countries (Ostro 2004; OMS 2005).

In recent years, the issue of air pollution in the country has been positioned in the agenda of academic and political discussions, is increasingly visible in the media and has generated greater awareness in society about the impacts of the air quality in human health. Several epidemiological studies carried out in several areas of the country have shown evidence of increased morbidity and mortality rates associated with the increase of particulate matter (PM₁₀), which is the country's main atmospheric pollutant. The response from society has been considerable, so that universities, research institutes, environmental authorities, consulting companies, and non-governmental organizations have carried out studies throughout the country in order to understand the complexity of this situation.

There has been growing concern in Latin America about the relationship between levels of air pollution and people's health (Bell, et al, 2006, Goncalves, et al, 2005). It is emphasized that, according to the Pan American Health Organization, Bogotá is the third urban center with the highest levels of air pollution in Latin America (OPS, 2005, Lozano, 2004) and the levels of particulate matter, which often exceed the established standards, are of greater interest (Gaitán, et al, 2007, SDA, 2007) especially in relation to diesel fuel from public service vehicles (Giraldo, et al, 2006). The Particulate Matter (PM) has known negative effects on cardiovascular and respiratory health (WHO, 2005, Neas, 2000), which have been studied more in the city's child population (Arciniegas, et al, 2006, SDS, 2005, Solarte, et al. al, 2002).

Different studies have linked factors of air quality with the health of the population. For example, in Mexico it was found that PM and ozone were associated with different degrees of cardiac dysfunction. In Italian cities it was pointed out that Ozone and PM significantly affect morbidity and acute mortality rates (Mitis, et al, 2007), whereas in the United States it was found that children of poor minorities are the most affected (Eggleston, 2007), and that the costs of environmental pediatric disease are high (in contrast to the limited resources devoted to research, monitoring and prevention. Landrigan, et al, 2002).

The results obtained show that a significant proportion of the medical care generated in the city of Bogotá may be related to the air quality of the city. However, it is noteworthy that control actions such as education, technology transfer, traffic restrictions, promotion of alternative fuels and mass transportation systems have been developing for some time.

Based on the data collected, some studies have estimated that a reduction of 5 to 10 µg/m³ in the concentration levels of PM₁₀ over a period of three years would result in a decrease of about 20% in the consultations carried out associated with respiratory diseases. In 2007, the IDEAM estimated a reduction of the consultation in the hospital network of the city of Bogota from 40,674 to 37,420 cases. The reduction of costs associated with the care of these events, including consultations and hospitalizations, was calculated to decrease from 543 to 143 million USD, in accordance with the dose-response function applied. (IDEAM, 2007)

However, it is necessary to evaluate the impact of the different actions in order to determine their respective level of priority and promote their implementation among the different social actors and stakeholders (Uribe, 2004, Llorente, 2009). The evaluation is done mainly to achieve effective results against the particular interests that are opposed to the control actions because they imply strong economic investments (García, 2009).

CÉSAR AUGUSTO GARCÍA-UBAQUE
Director



Metodología APRENDYSAGE aplicada a los casos de estudio: Briceño-Boyacá y Cajicá-Cundinamarca

APRENDYSAGE methodology applied to the study cases: Briceño-Boyacá and Cajicá-Cundinamarca

Alexis Fernando Ladino Tamayo¹, Jeimy Alexandra Martínez Rojas²,
Clara Inés Buriticá Arboleda³

Fecha de recepción: 31 de octubre de 2017

Fecha de aceptación: 6 de agosto de 2018

Cómo citar: 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>

Resumen

Contexto: La dependencia a las fuentes convencionales de energía eléctrica, el agotamiento de los recursos y la necesidad de mejorar la confiabilidad y eficiencia del servicio de energía eléctrica conllevan a la promoción de las fuentes no convencionales de energía eléctrica, como los recursos de biomasa residual pecuaria.

Método: Este documento presenta los resultados de los potenciales energéticos teóricos y técnicos a partir del aprovechamiento de los desechos de ganado vacuno en la autogeneración de electricidad para dos casos de estudio, a través de la metodología APRENDYSAGE y del análisis de su viabilidad técnica, económica y ambiental, con el software RETScreen.

Resultados: La energía eléctrica generada a partir de la implementación de sistemas de biodigestión con recursos de biomasa residual pecuaria y sistemas de autogeneración logra suplir las necesidades propias de un hogar con capacidad instalada de 3 kW.

Conclusiones: La inversión económica para la aplicación de este tipo de proyectos es bastante alta; sin embargo, existen beneficios como la reducción de

emisiones de efecto invernadero, la reducción de focos de infección debido al manejo inadecuado de la biomasa residual pecuaria, y la producción de biofertilizantes y biogás, que hacen viable la aplicación de estas iniciativas.

Palabras clave: autogeneración, biomasa, desechos, electricidad.

Abstract

Context: The dependence on conventional sources of electrical energy, the depletion of resources and the need to improve the reliability and efficiency of electric power service lead to the promotion of non-conventional sources of electric power, such as the resources of livestock residual biomass.

Method: This paper presents the results of theoretical and technical energy potential in using cattle waste for the self-generation of electricity applied to two case studies. The study implements the APRENDYSAGE methodology and analyzes the technical, economic, and environmental viability using the RETScreen software.

Results: The electrical energy generated from the use of livestock biomass residual resources, and the

1 Ingeniero Eléctrico, Quanta Services, Colombia, Bogotá.

2 Ingeniera eléctrica, Trabajador independiente. Bogotá, Colombia. Contacto: memismaro@hotmail.com

3 Ingeniera electricista, doctora en Gestión Eficiente de la Energía Eléctrica, Docente de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. Contacto: ciburiticaa@udistrital.edu.co

implementation of self-generation systems, can meet the needs of a household with an installed capacity of 3 kW.

Conclusions: The economic investment required for the application of this type of project is quite high. However, there are benefits such as the reduction of emission of greenhouse gases, the reduction of

outbreaks of infection due to inadequate management of livestock residual biomass, and the production of biofertilizers and biogas, which make the application of this type of projects advisable.

Keywords: biomass, electricity, self-generation, waste.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la capacidad instalada en el sector eléctrico colombiano está representada en un 66,0 % por centrales hidroeléctricas; 28,5 % por centrales térmicas, y 5,4 % por autogeneradores, cogeneradores y plantas menores, situación que muestra la dependencia de la generación de electricidad a partir del recurso hídrico, además del riesgo por desabastecimiento energético cuando se presentan variaciones hidrológicas debido al fenómeno de El Niño (XM-Expertos en Mercados, 2016).

El Estado colombiano a través de mecanismos legales como la Ley 1715 de 2014 busca promover el desarrollo y la utilización de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER) con el objeto de contribuir en la preservación del medio ambiente, aportar al desarrollo económico sostenible y a la seguridad del abastecimiento energético, tanto en áreas con cobertura por parte del Sistema Interconectado Nacional (SIN) como en las Zonas No Interconectadas (ZNI), y garantizar una mayor confiabilidad del servicio a partir de la implementación de nuevas tecnologías asociadas al uso de las energías alternativas para ser aprovechados en la producción de electricidad (Congreso de Colombia, 2014).

En consecuencia, es necesario desarrollar metodologías para el aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, como es la biomasa residual pecuaria para la generación de energía eléctrica, que tenga en cuenta las características

propias del país y, en este caso particular, del sector pecuario.

La metodología APRENDYSAGE es una propuesta académica donde se definen los conceptos de potencial energético teórico y técnico, se establecen fórmulas matemáticas para cada caso y se sugieren una serie de pasos con el fin de aprovechar los recursos de biomasa residual pecuaria producidos en granjas como fuente para generar electricidad (Ladino y Martínez, 2016). Por tanto, el objetivo de este artículo es presentar los resultados de la aplicación de la metodología APRENDYSAGE en dos casos de estudio: el primero, en la finca Quebrada Grande del municipio de Briceño (Boyacá), y el segundo, en las fincas La Esperanza, Joresva y Las Huertas, en el municipio de Cajicá (Cundinamarca), con el fin de estimar los potenciales energéticos y así evaluar a través del *software RETScreen* la viabilidad financiera de los proyectos, haciendo el análisis comparativo entre un sistema de autogeneración y uno de generación distribuida para cada caso de estudio.

Por consiguiente, se presenta el marco normativo y regulatorio asociado al uso y desarrollo de las FNCER, y se dan a conocer los incentivos tributarios y los pasos para el registro de proyectos de este tipo. Posteriormente se describe la metodología APRENDYSAGE. Por último se presentan, por un lado, los resultados de la implementación de la metodología a los dos casos de estudio, y por otro, los del análisis técnico, económico y ambiental definido en cada caso, a partir de la aplicación del *software RETScreen*.

MARCO REGULATORIO PARA FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA RENOVABLE (FNCR)

Ley 1715 de 2014

Tiene como objeto promover el desarrollo y la utilización de las Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE), principalmente las de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las ZNI y otros usos que permitan el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, la seguridad de abastecimiento energético, y que promuevan la gestión eficiente de la energía.

El artículo 8 compete a la promoción de la autogeneración a pequeña y gran escala y la generación distribuida a través de mecanismos como:

- Entrega de excedentes.
- Sistema de medición bidireccional y mecanismos simplificados de conexión.
- Venta de energía por parte de generadores distribuidos.
- Venta de créditos de energía.
- Programas de divulgación masiva y focalizada.

Incentivos tributarios

Los incentivos tributarios establecidos para la inversión de proyectos a partir de las FNCR son:

- Deducción sobre el impuesto a la renta y complementarios: derecho a reducir anualmente de su renta el 50 % del valor total de la inversión realizada por un periodo de 5 años.
- Exclusión del IVA: se excluye el IVA a los equipos, elementos maquinaria y servicios nacionales e importados que se destinen para proyectos de inversión de energías limpias.
- Exención del gravamen arancelario: se excluye los pagos de derechos arancelarios de importación de maquinaria, equipos, materiales

e insumos destinados a proyectos de inversión de energías limpias.

- Régimen de depreciación acelerada: depreciación fiscal acelerada para los generadores de energía a partir de las FNCE, de acuerdo con la técnica contable hasta una tasa anual global del 20 % (Ladino y Martínez, 2016).

Registro de proyectos de generación a partir de las FNCR

De acuerdo con lo estipulado en la Resolución 143 de 2016, se contempla que el registro de proyectos tendrá un término de vencimiento dependiendo de la fase del proyecto, pasado este término, si el promotor no ha solicitado el cambio de fase, no ha informado sobre los cambios o no ha confirmado que las condiciones de registro se mantienen, el proyecto saldrá del registro y carecerá de validez (UPME, 2016).

Las fases del registro de proyectos de generación de energía eléctrica tanto hidroeléctricas, a carbón, a gas natural u otro combustible, son estipuladas en la Resolución 638 de 2007 y los tiempos especificados para cada fase se definen en la Resolución 143 de 2016.

Hay que mencionar que el registro para proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes no convencionales, se encuentra en proceso de reglamentación, por tanto, se aplica lo estipulado en las resoluciones 638 de 2007 y 143 de 2016.

Proceso para la interconexión de nuevas plantas de generación a la red

El proceso de interconexión para proyectos nuevos comprende la asignación del punto de conexión, la firma del contrato de conexión y termina con la puesta en servicio de la planta de generación. Los pasos para solicitar la asignación de puntos de conexión se estipulan en el código de conexión Resolución 025 de 1995 y la Resolución 106 de 2006; sin embargo, estos pasos solo aplican a plantas de autogeneración a gran escala, hasta el momento no se tiene el marco regulatorio aplicable a plantas

de autogeneración de pequeña escala (≤ 1 MW) a partir de FNCE.

A continuación, se resumen los pasos para la interconexión de nuevas plantas de generación:

- Presentar un estudio con la solicitud de conexión al transportador (OR) incluyendo el análisis sobre la factibilidad técnica y financiera del proyecto
- El transportador deberá emitir un concepto sobre la viabilidad técnica de la conexión y enviar copia a la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) sobre su decisión.
- La UPME realizará un análisis de la conexión y emitirá su concepto al transportador para que ofrezca el punto de conexión y suscriba el respectivo contrato de conexión.
- Una vez la UPME haya emitido su concepto, el interesado deberá entregar a esta un cronograma de actividades del proyecto de generación, junto con la “curva S” que muestre el porcentaje de avance del proyecto durante el tiempo de ejecución; y en la etapa de construcción deberá presentar informes de avance cuando le sean requeridos.
- Firma del contrato de conexión con el concepto favorable emitido por la UPME y en coordinación con el código de planeamiento.
- Elaborar los diseños, planos, memorias de cálculo, especificaciones para la adquisición de equipos y para la construcción de las obras civiles, según los requerimientos técnicos y las normas nacionales e internacionales aplicables.
- Solicitar la aprobación al transportador de los diseños, memorias de cálculo, especificaciones y planos.
- Realizar la compra de los equipos y presentar reporte de las pruebas tipo.
- Informar al transportador la programación de los trabajos principales y el nombre de la firma interventora y la fecha de inicio de las pruebas de puesta en servicio y solicitar la supervisión de pruebas de sitio de los equipos e instalaciones.

- Después de ejecutadas las pruebas, aceptada la instalación y aprobado el informe de cumplimiento de normas, se autoriza la conexión y puesta en servicio.
- Se debe informar cualquier modificación para su estudio y aprobación.
- La operación y mantenimiento se debe realizar conforme al código de operación y con el contrato de conexión.

METODOLOGÍA APRENDYSAGE

Esta metodología (para el aprovechamiento energético de desechos animales y sistemas de autogeneración eléctrica) tiene como objetivo generar un modelo que permita la implementación de sistemas de autogeneración a partir de FNCE, teniendo en cuenta las limitaciones de las metodologías actuales y las necesidades propias del país. La metodología propuesta permite identificar los potenciales teórico y técnico asociados al recurso, con lo cual se proporciona información para definir la ruta y tecnología de conversión más adecuada para la generación de electricidad.

Dentro de las ventajas de la metodología encontramos que recomienda iniciar el estudio para el aprovechamiento de los recursos teniendo en cuenta las características geográficas de la zona y las de los animales fuentes del recurso (biomasa). Por otra parte, dentro de la formulación matemática considera la cantidad de biogás que se produce y el factor recuperable del residuo debido a la naturaleza del ganado en Colombia (estabulado o no estabulado) con el fin de reducir los valores de incertidumbre.

En cuanto a las recomendaciones de esta metodología está construir una base de datos donde se reúna información concerniente a las variaciones de producción del recurso, de acuerdo a su estado fisiológico y a su grupo etario, y de las características fisicoquímicas del residuo. A pesar de que esto puede ser considerado una ilimitación, la metodología propone adelantar el estudio de las propiedades del recurso a través de la recolección de

una o varias muestras o la extracción de datos en la bibliografía con el propósito de determinar el potencial energético del recurso y lograr su aplicación en la generación de electricidad a partir del trabajo conjunto con sistemas de autogeneración eléctrica.

ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO. CASO DE ESTUDIO: FINCA QUEBRADA GRANDE, BRICEÑO (BOYACÁ)

Ubicación y características principales

La finca Quebrada Grande se encuentra ubicada a 5,65° latitud norte y 73,9° longitud oeste, en la

vereda El Diamante del municipio de Briceño (Boyacá), vereda que presenta una temperatura media de 16,2 °C y una humedad relativa del 77,7 % (NASA, 2016) (figura 1).

La finca cuenta con una extensión de 15 hectáreas dedicadas exclusivamente a la crianza de ganado vacuno para la producción de leche, además el ganado no se encuentra estabulado y se alimenta principalmente de pasto fresco y concentrado.

La cuantificación y clasificación del ganado presente en la finca se realizó por grupo etario de acuerdo con el estudio sectorial de carne bovina en Colombia presentado por la Superintendencia de Industria y Comercio. Los resultados se muestran en la tabla 1.

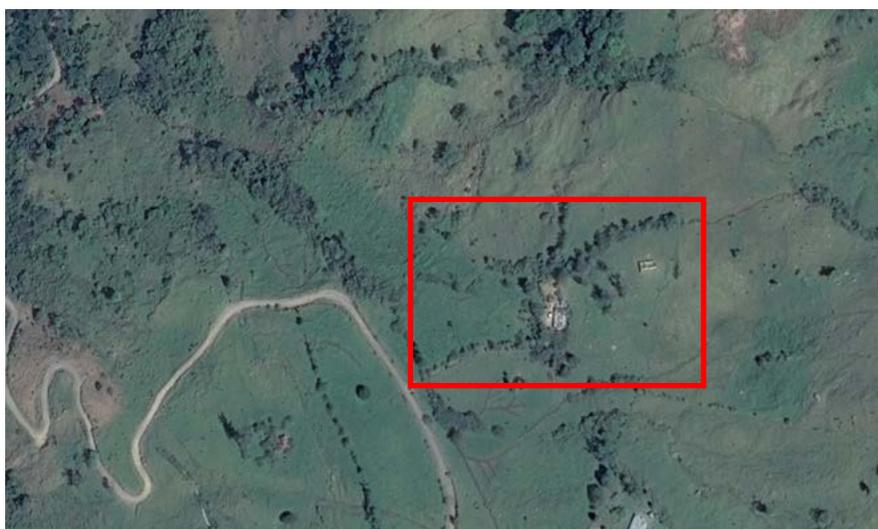


Figura 1. Ubicación finca Quebrada Grande

Fuente: Google Maps.

Tabla 1. Clasificación de ganado vacuno finca quebrada grande

Subsector	Grupo etario [meses]	Población [cabezas]
Terneros	0 – 12	7
Novillas	12 – 24	11
Vaca de primer parto	24 – 36	7
Vaca de producción	> 36	13
	Total	38

Fuente: Superintendencia de Industria y Comercio (2012).

Estimación de la cantidad de biomasa residual bovina disponible

Para determinar la cantidad de biomasa residual bovina disponible, se establece una tasa de producción de estiércol según el grupo etario y la información suministrada por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME, 2010) y el trabajo de Gonzales *et al.* (2014), tal como se muestra en la tabla 2.

Para la estimación de la biomasa residual pecuaria disponible se trabajó con los datos que definen un rango de producción de estiércol considerando que factores como la alimentación, el estado fisiológico del animal y las condiciones climáticas, pueden ocasionar variaciones en la producción del recurso.

Estimación del potencial energético teórico

El potencial energético teórico se determina a partir de la formulación matemática establecida en la metodología APRENDYSAGE descrita en Ladino, Martínez y Buriticá (2017), considerando las variables correspondientes a la caracterización de la biomasa recopiladas en Ladino y Martínez (2016, pp. 169-172). El potencial energético teórico se estima teniendo en cuenta el recurso disponible para cada grupo etario. Los valores iniciales y los resultados obtenidos se presentan en la tabla 3.

Ruta de conversión

Para el caso de estudio se determina que el porcentaje de humedad del recurso disponible es

Tabla 2. Tasa de producción de estiércol

Subsector	Grupo etario [meses]	Tasa de producción de estiércol ^a [kg/cabeza*día]	Tasa de producción de estiércol ^b [kg/cabeza*día]
Terberos	0 – 12	4	4 – 4,08
Novillas	12 – 24	9	9 – 11,7
Vaca de primer parto	24 – 36	14	9,5 – 14
Vaca de producción	> 36	18	18 – 41,7

Fuente: ^aUPME (2010), ^bGonzales *et al.* (2014).

Tabla 3. Potencial energético teórico caso de estudio Briceño (Boyacá)

Subsector	Tasa de producción de estiércol [kg/cabeza*día]		Población [cabezas]	Masa del residuo [kg/año]		Fracción de sólidos volátiles [kgSV/kg]	Rendimiento del biogás Bo [m ³ biogás/kgSV]	PCI biogás [MJ/m ³]	Potencial energético teórico [GJ/año]	
Terberos	4	4,08	7	10220	10430,02				51,9	53,04
Novillas	9	11,7	11	36135	47296,7				183,7	240,5
Vaca de primer parto	9,5	14	7	24349,1	35770	0,85	0,275	21,6	123,8	181,9
Vaca de producción	18	41,7	13	85410	197961,4				434,3	1006,7
	Total		38	156114,15	291458,121				793,958	1482,284

Fuente: elaboración propia.

superior al 75 %, por tanto, se establece que la ruta de conversión más apropiada es la *conversión biológica-conversión electromecánica* que corresponde al proceso de *digestión anaerobia-motor de combustión interna*.

De acuerdo con los cálculos correspondientes al sistema de biodigestión presentes en Ladino y Martínez (2016, pp. 105-106), en la tabla 4 se muestran las dimensiones del biodigestor, los tanques de recolección y del efluente. En la tabla 5 se detalla la producción de biogás y bioabono diario, a partir de la digestión del estiércol.

La tecnología de digestión seleccionada es el sistema biobolsa, debido a sus características de instalación, operación y mantenimiento, para el caso de estudio el modelo correspondiente es el BB60 (Ladino y Martínez, 2016).

Finalmente, la ruta de conversión electromecánica seleccionada corresponde a un motor de combustión interna de encendido por chispa a gasolina de 4 kVA, caracterizado porque puede sustituirse el 100 % del combustible por biogás a través de un sistema de conversión (Ladino y Martínez, 2016).

Estimación del potencial energético técnico

El potencial energético técnico se determina a partir de los resultados concernientes al potencial energético teórico y a características definidas en la formulación matemática de la metodología APRENDYSAGE. Los valores para el cálculo y los resultados obtenidos se muestran en la tabla 6.

Tabla 4. Dimensiones del biodigestor y tanques de recolección y del efluente

Volumen del digestor [m ³]	Tanque de recolección [m ³]	Tanque del efluente [m ³]
30,6	1,2	10,7

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. Producción de biogás y bioabono diario

Producción de biogás [m ³]	Producción de abono orgánico [m ³]
23,5	0,3

Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. Potencial energético técnico, caso de estudio Briceño (Boyacá)

Potencial energético teórico [GJ/año]		Factor recuperable [%]	Eficiencia del biodigestor [%]	Eficiencia eléctrica [%]	Potencial energético técnico [GJ/año]		Factor de conversión [kWh/GJ]	Potencial energético técnico [kWh/año]	
51,9	53,04				2,04	2,08		568,4	580,1
183,7	240,5	12,5	90	35	7,2	9,4	277,7	2010,02	2630,8
123,8	181,9				4,8	7,1		1354,4	1989,7
434,3	1006,7				17,1	39,6		4750,9	11011,6
793,9	1482,2				31,2	58,3		8683,9	16212,4

Fuente: elaboración propia.

Tabla 7. Parámetros iniciales, fuera de red

Sección	Parámetro	Valor
Sistema eléctrico de potencia del caso base	Tecnología	Electricidad de la red
	Precio del combustible	267,5 COP/kWh
	Demanda de electricidad diaria	1,9 kWh (1)
	Carga punta anual	3,00 kW
Sistema eléctrico de potencia del caso propuesto	Tecnología	Motor a pistones
	Precio del combustible	0,00 COP/m ³
	Capacidad de generación eléctrica	3,7 kW
	Disponibilidad	100 %
	Demanda de electricidad diaria	3,000 kWh (2)
Análisis de emisiones	Costos iniciales incrementales	1.815.000 COP (3)
	Pérdidas T y D (caso base)	12 %
	Derechos de transacción por créditos GEI	0,0 %
	Tasa de inflación	6,77 %
	Tiempo de vida del proyecto	25 años
	Relación de deuda	70 %
	Tasa de interés de la deuda	10,62 %
	Duración de deuda	15 años
	Costos iniciales (otros)	14.131.907 COP (4)
	Incentivos y donaciones	2.551.505 COP (5)
Análisis financiero	Costos de O y M (ahorros)	114 COP
	Ahorro y renta anuales (otros)	787.450 COP (6)

(1) La demanda de electricidad diaria del caso base es el promedio de consumo diario durante doce meses.

(2) La demanda de electricidad diaria del caso propuesto se establece asumiendo un consumo del 55 % superior al caso base.

(3) Valor de la planta eléctrica GENPAR GPG400 al año 2015.

(4) Los costos iniciales corresponden a la suma de: costo de conversión de la planta eléctrica a gas, costo de instalación de la planta y el valor del biodigestor incluida la instalación.

(5) Se establecen como el 16 % de los costos iniciales totales.

(6) Valor del abono orgánico vendido anualmente cuya producción para el caso de estudio es de 1395 dm³/año.

Fuente: elaboración propia.

Simulación del caso de estudio en el software RETScreen, proyecto “Generación de electricidad-fuera de red”

Para la simulación de proyectos de autogeneración de electricidad por medio de energías limpias, la opción más adecuada es *generación de electricidad-fuera de red*, por tanto, se elige este tipo de proyecto en

el *software RETScreen*. La información inicial ingresada en el *software* se presenta en la tabla 7.

Resultados

Los resultados obtenidos en *RETScreen* se presentan en la tabla 8, y en la figura 2 se puede ver el flujo de caja acumulado durante el tiempo de vida del proyecto.

Tabla 8. Resultados obtenidos, fuera de red

Sección	Parámetro	Valor
Sistema eléctrico de potencia del caso base	Demanda de electricidad anual	0,7 MWh
Sistema eléctrico de potencia del caso propuesto	Demanda de electricidad anual	1,095 MWh
Análisis de emisiones	Emisiones GEI caso base	0,1 tCO ₂
	Emisiones GEI caso propuesto	0,0 tCO ₂
	Reducción de emisiones GEI anual neta	0,1 tCO ₂
Análisis financiero	Pago de la deuda – 15 años	1.519.934 COP
	Costos anuales totales	1.520.048 COP (1)
	Total renta y ahorros anuales	975.937 COP (2)
	TIR antes de impuestos – capital	14,1 % (3)
	Repago – capital	14,4 años (4)
	Valor presente neto (VPN)	38.730.827 COP
	Ahorros anuales en ciclo de vida	1.549.233 COP/año
	Relación beneficio–costo	9,1

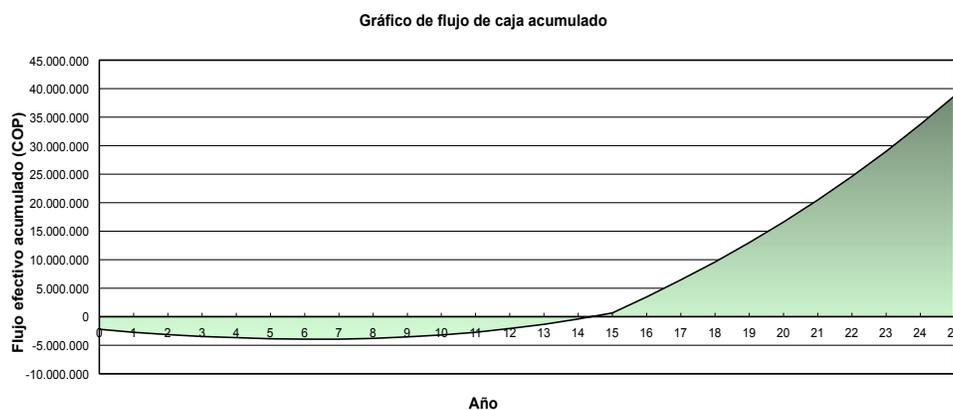
(1) Los costos anuales totales son el resultado de la suma entre el pago de la deuda–15 años y los costos de O y M.

(2) El total renta y ahorros anuales resulta de la suma entre el costo del combustible anual para el caso base y el valor de los ahorros y renta anuales

(3) La TIR se determina a partir de los valores del flujo de caja anuales durante el tiempo de vida del proyecto.

(4) El parámetro repago–capital indica el año en que el flujo de caja acumulado pasa a tener valores positivos (véase figura 2).

Fuente: elaboración propia.

**Figura 2.** Gráfico de flujo de caja acumulado proyecto Fuera de Red

Fuente: elaboración propia a partir de RETScreen.

Proyecto “Generación de electricidad-red aislada”

Para el caso de estudio también se realiza la simulación en RETScreen considerando el *tipo de red-red aislada* asumiendo que toda la electricidad producida será exportada a la red. El análisis en

este tipo de red se hace debido a que actualmente en el país los autogeneradores a pequeña escala no pueden suministrar sus excedentes a la red, ya que su regulación se encuentra en proceso. Este tipo de simulación sería similar al de un sistema de generación distribuida. Los parámetros iniciales ingresados se presentan en la tabla 9.

Tabla 9. Parámetros iniciales, red aislada

Sección	Parámetro	Valor
Sistema eléctrico de potencia del caso propuesto	Tecnología	Motor a pistones
	Precio del combustible	0,00 COP/m ³
	Capacidad de generación eléctrica	3,7 kW
	Disponibilidad	46 % (1)
	Costos iniciales incrementales	1.815.000 COP
	Tarifa de exportación de electricidad	152.212 COP/MWh
Análisis de emisiones	Pérdidas T y D (caso base)	12 %
	Derechos de transacción por créditos GEI	0,0 %
Análisis financiero	Tasa de inflación	6,7 %
	Tiempo de vida del proyecto	25 años
	Relación de deuda	70 %
	Tasa de interés de la deuda	10,6 %
	Duración de deuda	10 años (2)
	Costos iniciales (otros)	14.131.907 COP
	Incentivos y donaciones	2.551.505 COP
	Costos de O y M (ahorros)	114 COP
Ahorro y renta anuales (otros)	787.450 COP	

(1) La disponibilidad se determina teniendo en cuenta la cantidad necesaria de biogás para que el motor funcione de forma continua, y el biogás producido, a partir del recurso disponible, es decir, si el biogás obtenido es igual al biogás requerido entonces la disponibilidad será del 100 %.

(2) La duración de la deuda es cinco años menor respecto al tipo de proyecto fuera de red, debido a que en el proyecto red aislada se obtienen los ingresos provenientes de la venta de electricidad a la red.

Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos en *RETSscreen* se presentan en la tabla 10, y en la figura 3 se puede ver

el flujo de caja acumulado durante el tiempo de vida del proyecto.

Tabla 10. Resultados obtenidos, red aislada

Sección	Parámetro	Valor
Sistema eléctrico de potencia del caso propuesto	Electricidad exportada a la red	15 MWh
	Emisiones GEI caso base	3,0 tCO ₂
Análisis de emisiones	Emisiones GEI caso propuesto	0,4 tCO ₂
	Reducción de emisiones GEI anual neta	2,6 tCO ₂ (1)
	Pago de la deuda – 10 años	1.865.365 COP
Análisis financiero	Costos anuales totales	1.865.479 COP
	Renta por exportación de electricidad	2.287.808 COP
	Total renta y ahorros anuales	3.075.258 COP (2)
	TIR antes de impuestos – capital	77,8 %
	Repago-capital	1,5 años
	Valor presente neto (VPN)	180.050.395 COP
	Ahorros anuales en ciclo de vida	7.202.016 COP/año
	Relación beneficio/costo	38,6

(1) Las emisiones GEI para el caso base son 7,5 veces mayor respecto al caso propuesto, siendo considerables la reducción de emisiones GEI netas anuales con la implementación del caso propuesto.

(2) El total renta y ahorros anuales se calcula sumando la renta por exportación de electricidad y el valor de los ahorros y rentas anuales.

Fuente: elaboración propia.

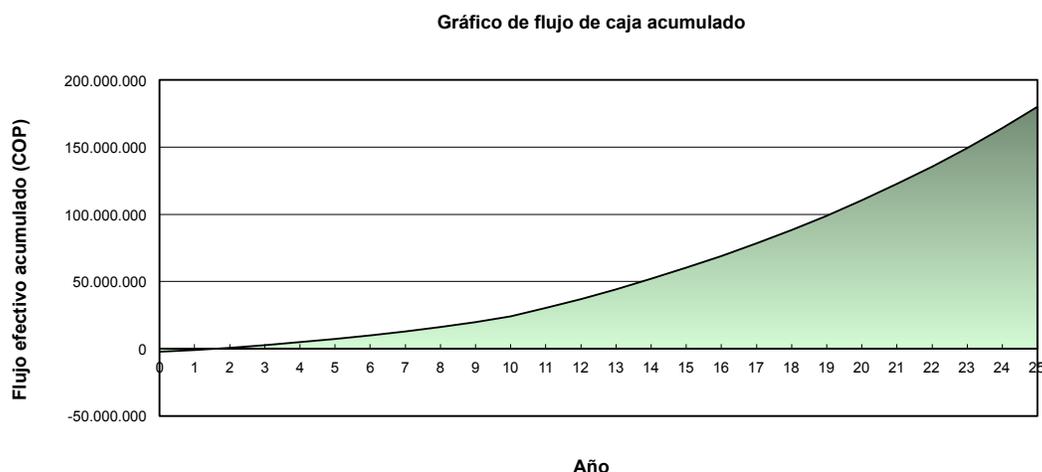


Figura 3. Gráfico de flujo de caja acumulado proyecto red aislada

Fuente: elaboración propia a partir de *RETSscreen*.

Análisis de resultados

De acuerdo con los resultados en los proyectos fuera de red y red aislada, se puede concluir lo siguiente:

1. Las emisiones de GEI calculadas por *RETSscreen* se estiman teniendo en cuenta la demanda de electricidad anual, por tanto, debido a que el consumo de electricidad para el caso base es muy pequeño (0,705 MWh), las emisiones anuales de CO₂ en el proyecto fuera de red son mínimas en comparación con el proyecto red aislada, en el que la electricidad entregada a la red es de 21,2 veces mayor al consumo mencionado.
2. En la figura 2 se observa que el flujo de caja acumulado es negativo aproximadamente 14 años, mientras que en la figura 3 los valores inferiores a cero no superan los 2 años. El año en que el flujo de caja es igual a cero (ingresos = egresos), se expresa en el indicador de *RETSscreen* repago-capital y conforme a los valores para los proyectos fuera de red y red aislada (tablas 7 y 10, respectivamente). Se puede ver que el repago del capital para el primer proyecto es 9,6 veces mayor respecto al otro proyecto, esto se debe a que la electricidad exportada a la red (considerando la venta total de la energía generada al operador de red) es 14,2 MWh mayor a la demanda de electricidad

anual del caso base, por tanto, el total de renta y ahorros anuales para el proyecto de red aislada es 3,1 veces mayor respecto al proyecto fuera de red.

3. De acuerdo con los resultados de los indicadores correspondientes a la viabilidad financiera para los dos tipos de proyectos, se puede observar que en ambos casos los resultados de la TIR y el VPN son mayores a cero y la relación beneficio/costo mayor a 1, el cual es un criterio que expresa la viabilidad económica positiva de ambos proyectos; sin embargo, estos valores son superiores en el proyecto de red aislada, debido a que sus ingresos anuales durante el ciclo de vida aumentan respecto al proyecto fuera de red.

ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO. CASO DE ESTUDIO: PROYECTO COMUNITARIO, CAJICÁ (CUNDINAMARCA)

En este caso se analiza un proyecto comunitario para la generación de energía a partir de la recolección de los residuos de biomasa residual pecuaria provenientes de tres fincas aledañas con el fin de hacer una comparación respecto a un caso de estudio, en el cual se aprovechan los recursos de una finca familiar, tal como se analizó en el caso anterior.

Ubicación y características principales

Cajicá es un municipio de Cundinamarca ubicado a 4,91° latitud norte y -74,025° longitud oeste, en la provincia de Sabana Centro. Está dividido en 5 sectores: Calahorra, Canelón, Chuntame, Centro y Río Grande.

Para este caso se escogieron tres fincas aledañas dedicadas a la crianza de ganado vacuno lechero, ubicadas en el sector de Calahorra. La figura 4 muestra la ubicación de las fincas, caracterizadas por estar cerca del río Bogotá y a la Planta

de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR); lo que asegura la disponibilidad de recurso hídrico. La tabla 11 describe las características principales de las fincas objeto del caso de estudio.

En las fincas Las Huertas y Joresva, el ganado no se encuentra estabulado, mientras que en La Esperanza el ganado se estabula por un periodo de tres horas diarias para el ordeño.

La cuantificación y clasificación etaria del ganado por finca se hace según la tabla 2 con el fin de determinar la cantidad total de cabezas por grupo etario de las tres fincas. La tabla 12 muestra la

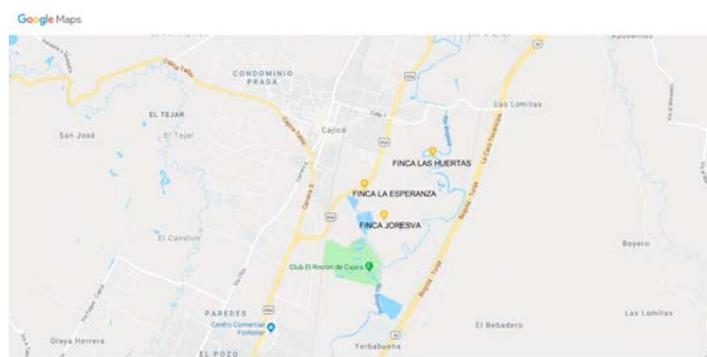


Figura 4. Ubicación de las fincas caso de estudio

Fuente: Google Maps.

Tabla 11. Características principales de las fincas objeto de estudio

Ubicación				
Nombre de la finca	Extensión [ha]	Latitud [°]	Longitud [°]	Cantidad de animales
Las Huertas	18	4,9	-74,019	30
La Esperanza	6,4	4,9	-74,016	43
Joresva	43,72	4,91	-74	55
Total				128

Fuente: elaboración propia.

Tabla 12. Clasificación por grupo etario

Subsector	Población [cabezas]			Total [Cabezas]
	Las Huertas	La Esperanza	Joresva	
Terneros	8	2	7	17
Novillas	19	14	25	58
Vaca de primer parto	3	27	10	40
Vaca de producción			13	13
	30	43	55	128

Fuente: elaboración propia.

clasificación del ganado de las fincas Las Huertas, La Esperanza y Joresva.

Estimación de la cantidad de biomasa residual bovina disponible

De acuerdo con la tabla 2, la cantidad de estiércol que se estima, teniendo en cuenta que el ganado no está estabulado (fincas Las Huertas y Joresva) y que el tiempo de estabulación en la finca La Esperanza es de tan solo tres horas, oscila entre los 150,65 kg/día a 231,874 kg/día. La tabla 13 presenta un valor total de producción de estiércol al año, a partir de la recolección del 100 % del residuo. Para la estimación del potencial energético técnico se considera un porcentaje de recolección del 12,5 % debido a que el ganado no se encuentra estabulado.

Estimación del potencial energético teórico

Para la estimación del potencial energético se identifican las variables necesarias para aplicar la formulación matemática propuesta en la metodología APRENDYSAGE, dichas variables

comprenden el rendimiento del biogás, el poder calorífico inferior, entre otras (véase anexo 3 en Ladino y Martínez, 2016). Los resultados se presentan en la tabla 13.

Ruta de conversión

Como se mencionó en el caso anterior, la humedad del recurso es superior al 75 %; por tanto, la ruta de conversión más adecuada es la *conversión biológica-conversión electromecánica*, que corresponde al proceso de *digestión anaerobia-motor de combustión interna*. Es posible usar otras tecnologías como las celdas electroquímicas o las microturbinas; sin embargo, se considera que son sistemas más complejos y de alto costo, por tanto, se recomienda su aplicación en proyectos a gran escala.

De acuerdo con los cálculos correspondientes al sistema de biodigestión descritos en Ladino y Martínez (2016, p. 129), en la tabla 14 se muestra las dimensiones del biodigestor, los tanques de recolección y del efluente. En la tabla 15 se indica la producción de biogás y bioabono diario producido a partir de la digestión del estiércol.

Tabla 13. Potencial energético teórico, caso de estudio Cajicá (Cundinamarca)

Subsector	Tasa de producción de estiércol [kg/cabeza*día]		Población [cabezas]	Masa del residuo [kg/año]		Fracción de sólidos volátiles [kgSV/kg]	Rendimiento del biogás Bo [m ³ biogas/kgSV]	PCI biogás [MJ/m ³]	Potencial energético teórico [GJ/año]	
Terberos	4	4,08	17	24820	25330,051	0,855	0,275	21,631	126,2	128,8
Novillas	9	11,7	58	190530	249382,6				968,9	1268,2
Vaca de primer parto	9,5	14	40	139138	204400				707,6	1039,5
Vaca de producción	18	41,7	13	85410	197961,4				434,3	1006,7
		Total	128	439898	677074,05				2237,2	3443,4

Fuente: elaboración propia.

Tabla 14. Dimensiones del biodigestor y tanques de recolección y del efluente

Volumen del digestor [m ³]	Tanque de recolección [m ³]	Tanque del efluente [m ³]
71,2	2,7	25,04

Fuente: elaboración propia.

Tabla 15. Dimensiones del biodigestor y tanques de recolección y del efluente

Producción de biogás [m ³]	Producción de abono orgánico [m ³]
54,5	0,65

Fuente: elaboración propia.

La tecnología de digestión seleccionada es el sistema biobolsa debido a sus características de instalación, operación y mantenimiento, para el caso de estudio el modelo correspondiente es el BB160 (Ladino y Martínez, 2016).

La ruta de conversión electromecánica seleccionada corresponde a un motor de combustión interna de encendido por chispa a gasolina de 4 kVA, debido a que puede sustituirse el 100 % del combustible por biogás a través de un sistema de conversión (Ladino y Martínez, 2016).

Teniendo en cuenta la distancia que separa cada una de las fincas, se recomienda ubicar el biodigestor en La Esperanza y realizar un tendido de red eléctrica hacia Joresva. Adicionalmente, se considera inconveniente la instalación de una red eléctrica hasta la finca Las Huertas, debido a los costos asociados a la infraestructura eléctrica. Por

último, es apropiado hacer la instalación de un sistema de biodigestión individual debido a factores como la logística de recolección de los residuos y los costos asociados a la infraestructura para la conexión a la red eléctrica, situación que influye en la viabilidad técnica y económica del proyecto. Por otra parte, es viable la implementación de este tipo de proyectos en el caso de que las fincas sean más cercanas.

Estimación del potencial energético técnico

El potencial energético técnico se determina a partir de los resultados concernientes al potencial energético teórico y a características que se definen en la formulación matemática de la metodología APRENDYSAGE. Los valores para el cálculo y los resultados se detallan en la tabla 16.

Tabla 16. Potencial energético técnico caso de estudio Cajicá (Cundinamarca)

Potencial energético teórico [GJ/año]	Potencial energético recuperable [GJ/año]	Factor recuperable [%]	Eficiencia del biodigestor [%]	Eficiencia eléctrica [%]	Potencial energético técnico [GJ/año]	Factor de conversión [kWh/GJ]	Potencial energético técnico [kWh/año]
126,2	128,8				4,970	5,07	1380,6
968,9	1268,2	12,5	90	35	38,1	49,9	10598,3
707,6	1039,5				27,8	40,9	7739,6
434,3	1006,7				17,1	39,6	4750,9
2237,2	3443,4				88,09	135,5	24469,5

Fuente: elaboración propia.

Simulación del caso de estudio en el software RETScreen, proyecto “Generación de electricidad-fuera de red”

Para proyectos de autogeneración de electricidad a partir de energías limpias la opción más adecuada es *generación de electricidad-fuera de red*, por tanto, se elige este tipo de proyecto en el *software*

RETScreen. La información inicial ingresada en el *software* se presenta en la tabla 17.

Resultados

Los resultados obtenidos en *RETScreen* se presentan en la tabla 18, y en la figura 5 se puede ver el flujo de caja acumulado durante el tiempo de vida del proyecto.

Tabla 17. Parámetros iniciales, fuera de red

Sección	Parámetro	Valor
Sistema eléctrico de potencia del caso base	Tecnología	Electricidad de la red
	Precio del combustible	227,6 COP/kWh
	Demanda de electricidad diaria	12,4 kWh (1)
	Carga punta anual	3,00 kW
Sistema eléctrico de potencia del caso propuesto	Tecnología	Motor a pistones
	Precio del combustible	0,00 COP/m ³
	Capacidad de generación eléctrica	3,7 kW
	Disponibilidad	100 %
	Demanda de electricidad diaria	12,4 kWh (2)
Análisis de emisiones	Costos iniciales incrementales	1.815.000 COP (3)
	Pérdidas T y D (caso base)	12 %
Análisis financiero	Derechos de transacción por créditos GEI	0,0 %
	Tasa de inflación	6,7 %
	Tiempo de vida del proyecto	25 años
	Relación de deuda	70 %
	Tasa de interés de la deuda	10,6 %
	Duración de deuda	15 años
	Costos iniciales (otros)	29.130.040 COP (4)
	Incentivos y donaciones	4.951.206 COP (5)
	Costos de O y M (ahorros)	114 COP
	Ahorro y renta anuales (otros)	1.759.484 COP (6)

(1) La demanda de electricidad diaria del caso base es el promedio de consumo diario durante doce meses.

(2) La demanda de electricidad diaria del caso propuesto se establece asumiendo el mismo valor del caso base.

(3) Valor de la planta eléctrica GENPAR GPG400 al año 2015.

(4) Los costos iniciales corresponden a la suma de: costo de conversión de la planta eléctrica a gas, costo de instalación de la planta y el valor del biodigestor incluida la instalación.

(5) Se establecen como el 16 % de los costos iniciales totales.

(6) Valor del abono orgánico vendido anualmente cuya producción para el caso de estudio es de 3117 dm³/año.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 18. Resultados obtenidos, fuera de red

Sección	Parámetro	Valor
Sistema eléctrico de potencia del caso base	Demanda de electricidad anual	4,553 MWh
Sistema eléctrico de potencia del caso propuesto	Demanda de electricidad anual	4,553 MWh
Análisis de emisiones	Emisiones GEI caso base	0,9 tCO ₂
	Emisiones GEI caso propuesto	0,0 tCO ₂
	Reducción de emisiones GEI anual neta	0,9 tCO ₂
Análisis financiero	Pago de la deuda – 15 años	2.949.439 COP
	Costos anuales totales	2.949.553 COP (1)
	Total renta y ahorros anuales	2.796.260 COP (2)
	TIR antes de impuestos-capital	25,9 % (3)
	Repago-capital	6,5 años (4)
	Valor presente neto (VPN)	134.132.367 COP
	Ahorros anuales en ciclo de vida	5.365.295 COP/año
	Relación beneficio/costo	15,45

(1) Los costos anuales totales resultan de la suma entre el pago de la deuda–15 años y los costos de O y M.

(2) El total renta y ahorros anuales proviene de la suma entre el costo del combustible anual para el caso base y el valor de los ahorros y renta anuales.

(3) La TIR se determina a partir de los valores del flujo de caja anuales durante el tiempo de vida del proyecto.

(4) El parámetro repago-capital indica el año en que el flujo de caja acumulado pasa a tener valores positivos (véase figura 5).

Fuente: elaboración propia.

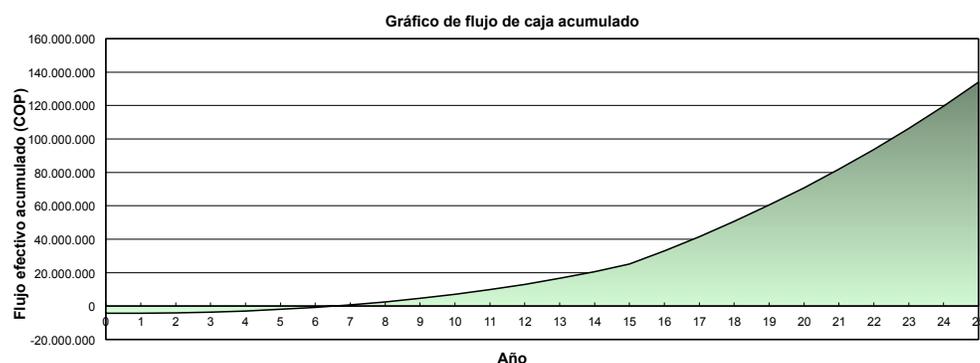


Figura 5. Gráfico de flujo de caja acumulado proyecto Fuera de Red

Fuente: elaboración propia a partir de *RETSscreen*.

Proyecto “Generación de electricidad-red aislada”

Adicionalmente se realiza la simulación en *RETSscreen* considerando el tipo de red-red aislada asumiendo que toda la electricidad producida será exportada a la red. Este tipo de simulación sería similar al de un sistema de generación distribuida.

Los parámetros iniciales ingresados se presentan en la tabla 19.

Resultados

Los resultados obtenidos en *RETSscreen* se presentan en la tabla 20, y en la figura 6 se puede ver el flujo de caja acumulado durante el tiempo de vida del proyecto.

Tabla 19. Parámetros iniciales, red aislada

Sección	Parámetro	Valor
Sistema eléctrico de potencia del caso propuesto	Tecnología	Motor a pistones
	Precio del combustible	0,00 COP/m ³
	Capacidad de generación eléctrica	3,73 kW
	Disponibilidad	96 % (1)
	Costos iniciales incrementales	1.815.000 COP
	Tarifa de exportación de electricidad	152.212 COP/MWh
Análisis de emisiones	Pérdidas T y D (caso base)	12 %
	Derechos de transacción por créditos GEI	0,0 %
Análisis financiero	Tasa de inflación	6,7 %
	Tiempo de vida del proyecto	25 años
	Relación de deuda	70 %
	Tasa de interés de la deuda	10,6 %
	Duración de deuda	10 años (2)
	Costos iniciales (otros)	29.130.040 COP
	Incentivos y donaciones	4.951.206 COP
	Costos de O y M (ahorros)	114 COP
Ahorro y renta anuales (otros)	1.759.484 COP	

(1) La disponibilidad se determina teniendo en cuenta la cantidad necesaria de biogás para que el motor funcione de forma continua y el biogás producido a partir del recurso disponible, es decir, si el biogás obtenido es igual al biogás requerido entonces la disponibilidad será del 100 %.

(2) La duración de la deuda es cinco años menor respecto al tipo de proyecto fuera de red, debido a que en el proyecto red aislada se obtienen los ingresos provenientes de la venta de electricidad a la red.

Fuente: elaboración propia.

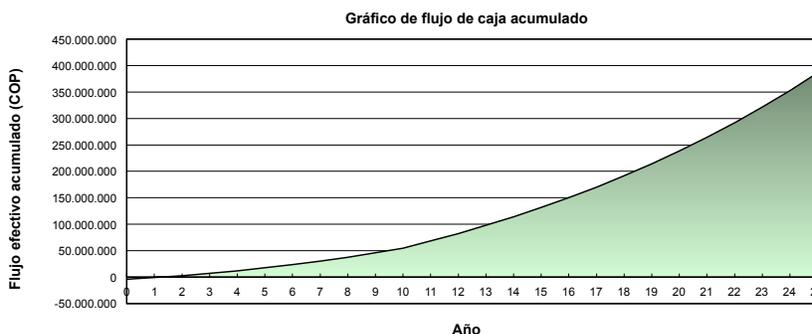
Tabla 20. Resultados obtenidos, red aislada

Sección	Parámetro	Valor
Sistema eléctrico de potencia del caso propuesto	Electricidad exportada a la red	31 MWh
	Emisiones GEI caso base	6,3 tCO ₂
Análisis de emisiones	Emisiones GEI caso propuesto	0,8 tCO ₂
	Reducción de emisiones GEI anual neta	5,5 tCO ₂ (1)
	Pago de la deuda – 10 años	3.619.749 COP
Análisis financiero	Costos anuales totales	3.619.867 COP
	Renta por exportación de electricidad	4.774.557 COP
	Total renta y ahorros anuales	6.534.041 COP (2)
	TIR antes de impuestos-capital	90,6 %
	Repag-capital	1,3 años
	Valor presente neto (VPN)	386.411.163 COP
	Ahorros anuales en ciclo de vida	15.456.447 COP/año
	Relación beneficio–costo	42,62

(1) Las emisiones GEI para el caso base son 7,875 veces mayor respecto al caso propuesto, siendo considerables la reducción de emisiones GEI netas anuales con la implementación del caso propuesto.

(2) El total renta y ahorros anuales se calcula sumando la renta por exportación de electricidad y el valor de los ahorros y rentas anuales.

Fuente: elaboración propia.

**Figura 6.** Gráfico de flujo de caja acumulado proyecto Red Aislada

Fuente: elaboración propia a partir de RETScreen.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo con los resultados en los proyectos fuera de red y red aislada, se puede concluir lo siguiente:

1. Las emisiones anuales de CO₂ en el proyecto fuera de red son mínimas, en comparación con el proyecto Red Aislada, en el que la electricidad entregada a la red es 6,8 veces mayor al consumo mencionado
2. El repago del capital para el proyecto de fuera de red es 5 veces mayor respecto al proyecto de red
3. Al igual que en los proyectos (red aislada y fuera de red) del caso de estudio de Briceño, los

aislada debido a que la electricidad exportada a la red (considerando la venta total de la energía generada al operador de red) es 26,4 MWh mayor a la demanda de electricidad anual del caso base, por tanto, el total de rentas y ahorros anuales para el proyecto de red aislada es 2,3 veces mayor respecto al proyecto en fuera de red, esto hace que el tiempo en el que el flujo de caja es negativo disminuya.

indicadores correspondientes a la viabilidad financiera del caso de estudio de Cajicá presentan un mejor balance económico para el proyecto de red aislada que el de fuera de red.

CONCLUSIONES

Los valores mínimos de los potenciales teóricos y técnicos para la finca Quebrada Grande son 793,958 GJ/año y 31,262 GJ/año, respectivamente, con una capacidad mínima de generación eléctrica de 8683,9 kWh/año, equivalente a una capacidad instalada de 1 kW provenientes del aprovechamiento de los residuos de 38 reses. En cuanto al caso de estudio de Cajicá, los valores mínimos de potencial teórico y técnico son 2237,2 GJ/año y 88,09 GJ/año, respectivamente, con una capacidad mínima de generación de 24469,5 kWh/año, a partir del aprovechamiento de los desechos de 128 cabezas de ganado vacuno. Aunque la cantidad de reses presentes en las fincas del caso de estudio de Cajicá es 3,4 veces superior respecto al caso de estudio de Briceño, la capacidad de generación de electricidad es tan solo 2,8 veces superior; esto se debe a que la cantidad de reses clasificadas como vacas de producción para la finca Quebrada Grande representan el 34 % del total de cabezas, mientras que para el caso de estudio de Cajicá, representan el 10 % y es en este subsector donde la tasa de producción de estiércol es mayor.

De acuerdo con los resultados de la simulación en *RETSscreen*, se puede observar que para ambos casos de estudio la viabilidad financiera presentó mejores resultados en los proyectos de red aislada, dando como resultados una TIR 63,7 % superior, un repago de capital 12,9 años menor y una relación beneficio/costo 29,5 unidades mayor respecto al proyecto fuera de red para el caso Briceño; y para el caso Cajicá, una TIR 64,7 % mayor, un repago de capital 5,2 años menor y una relación beneficio/costo 27,2 unidades superior respecto al proyecto fuera de red; esto debido a que el programa consideró como ingresos la venta total de la

energía entregada a la red, la cual es mayor que la energía consumida por las fincas en cada caso de estudio (electricidad generada por el motor de 4,3 MWh superior respecto al proyecto fuera de red para el caso Briceño, y de 26,4 MWh superior respecto al proyecto fuera de red para el caso Cajicá).

La sostenibilidad en los proyectos de red aislada para ambos casos de estudio se debe en gran parte a la venta del abono orgánico resultante en la digestión de estiércol (con ingresos anuales de 787.450 COP y 1.759.484 COP, para los casos de estudio Briceño y Cajicá, respectivamente), ayudando a disminuir el valor máximo del flujo de caja acumulado durante el repago de capital y el tiempo del mismo.

Según los resultados propios de cada caso de estudio, se concluye que la implementación de sistemas de digestión para la generación de energía eléctrica logra suplir las necesidades propias de un hogar con una capacidad instalada de 3 kW. En cuanto a la viabilidad de los proyectos hay que tener en cuenta que la inversión inicial es bastante alta y el tiempo de pago de la deuda es superior al 50 % del tiempo de vida del proyecto, pero que existen características como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (2,6 tCO₂ y 5,5 tCO₂ anuales en los proyectos de red aislada para los casos de Briceño y Cajicá, respectivamente), reducción de focos de infección debido al manejo inadecuado de la biomasa residual pecuaria, la producción de biofertilizantes (1,395 m³ para Briceño y 3,1 m³ para Cajicá) y el aprovechamiento de residuos en la generación de biogás que hacen recomendable la aplicación de este tipo de proyectos.

La aplicación de sistemas comunitarios de recolección de estiércol permite obtener una mayor cantidad de residuo para su aprovechamiento (2,13 veces mayor respecto al caso Briceño), pero el sistema de logística para la recolección de los residuos y la infraestructura para la conexión de la red se puede convertir en una desventaja al momento de aplicar este tipo de proyectos, por tanto se considera viable la implementación de sistemas

individuales o comunitarios en el caso de que las fincas sean más cercanas y como sistemas de generación distribuida.

REFERENCIAS

- Congreso de Colombia (13 de mayo de 2014). *Ley 1715 2014*. Recuperado de http://www.upme.gov.co/Normatividad/Nacional/2014/LEY_1715_2014.pdf
- Gonzales, M., Morini, M., Pinelli, M., Ruggero, P., Venturini, M., Finkenrath, M. y Poganietz, W. (2014). Methodology for estimating biomass energy potential and its application to Colombia. *Applied Energy*, 136(0306-2619/2014), 781-796.
- Ladino, A. y Martínez, J. (4 de octubre de 2016). *Repositorio Institucional Universidad Distrital RIUD*. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/4065>
- Ladino, A., Martínez, J., Buriticá, C.. (2017). *Metodología para el aprovechamiento energético de desechos y sistemas de autogeneración eléctrica (APRENDYSAGE)*. En proceso de publicación en la revista *Visión Electrónica*, fecha de aceptación 28 de Julio 2018. Bogotá.
- National Aeronautics and Space Administration (NASA) (2016). *Atmospheric Science Data Center*. Recuperado de <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi>
- Superintendencia de Industria y Comercio (2012). *Estudio sectorial carne bovina en Colombia (2009 2011)*. Recuperado de <http://www.sic.gov.co/drupal/masive/datos/estudios%20economicos/Documentos%20%20elaborados%20por%20la%20Delegatura%20de%20Protecci%C3%B3n%20de%20la%20Competencia/2011/Carne2012.pdf>
- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) (2010). *Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia*. Recuperado de http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/article/1768/files/Atlas%20de%20Biomasa%20Residual%20Colombia_.pdf
- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) (10 de marzo de 2016). *Resolución 143 de 2016*. Recuperado de http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Generacion/143_2016.pdf
- XM-Expertos en Mercados S.A. E.S.P. (2016). *Informe de Operación del SIN y Administración del Mercado 2016*. Medellín.





Operational planning capacities associated with profitability of service companies. A system dynamics approach

Planeación de capacidades operativas asociadas a la rentabilidad en empresas prestadoras de servicios. Un enfoque de dinámica de sistemas

Mauricio Becerra Fernández¹, Mauricio Milton Herrera Ramirez²

Fecha de recepción: 23 de agosto de 2017

Fecha de aceptación: 23 de marzo de 2018

Cómo citar: Becerra F., M. & Herrera R., M.M. (2018). Operational planning capacities associated with profitability of service companies. A system dynamics approach. *Tecnura*, 22(57), 32-43. DOI: <https://doi.org/10.14483/22487638.9169>

Abstract

Context: Capacity planning is one of the critical elements in business decisions at any level since it is possible to respond to the fluctuating needs of the market through its correct configuration and allocation. As in most decisions in the field of Industrial Engineering, in the processes of planning and programming of the capacity of the productive systems, there are some aspects that cannot be left aside: the costs related to each configuration, the relationship between the variables of allocation of resources, and the response to the requirements of the clients; these constitute the basis of the models applied in the processes related to the capacities in the organizational systems.

Method: A model was developed using systems dynamics, which allows to determine the number of personnel to respond to changes in demand; the best use of the capacity of the resources assigned to the service provision was sought according to the profitability of the business unit; and the behavior of the demand for services was simulated based on historical data on the behavior of the system.

Results: The proposed model allows to identify the capacities, and their respective calculations, involved in the modeling. In addition, it is possible to contrast the behavior of the model (which seeks to maximize the use of available capacity by seeking the best configuration in the allocation of resources) without neglecting the profitability of the operation. This is of interest for the planning of the system, considering the costs associated with the underutilization of the work force or the insufficient provision of the service to the client.

Conclusions: The model presented in this research is a proposal for the analysis of operational capacities in service providers that have several variables to consider, such as the use of human resources, the demand for diverse services attended by specialized personnel, different work days, and the use of specific facilities. The search for the best configuration of the resources involved in this service provision allows companies to continually inquire about obtaining better rates of use and profitability.

Keywords: capacity planning, financial model, profitability, system dynamics.

- 1 Productions Engineer, magister in Industrial Engineering, PhD. (c) in model based public planning, policy design and management. Professor and researcher in logistics, manufacture, modeling and simulation at the Catholic University of Colombia, leader of Manufacturing Research Group (GIP). Bogotá, Colombia. Contact: mbecerra@ucatolica.edu.co, mauriciobecerrafernandez@gmail.com
- 2 Productions Engineer, magister in Industrial Engineering, PhD. (c) in model based public planning, policy design and management. Assistant professor in production and logistics of the Faculty of Economic Sciences at the Militar University Nueva Granada. Bogotá, Colombia. Contact: milton.herrera@unimilitar.edu.co

Resumen

Contexto: La planeación de capacidades constituye uno de los elementos críticos en las decisiones empresariales a cualquier nivel ya que por medio de su correcta configuración y asignación se logra responder a las necesidades fluctuantes del mercado. En los procesos de planeación y programación de la capacidad de los sistemas productivos, como en la mayoría de las decisiones en el campo de ingeniería industrial, no se pueden dejar a un lado los costos relacionados con una configuración u otra, la relación entre las variables de asignación de recursos y la respuesta a los requerimientos de los clientes, que constituyen el fundamento de los modelos aplicados en los procesos relacionados con las capacidades en los sistemas organizacionales.

Método: Se elaboró un modelo empleando una dinámica de sistemas, la cual permite determinar la cantidad de personal que responde a los cambios en la demanda. Se buscó la mejor utilización de la capacidad de los recursos asignados a la prestación del servicio según la rentabilidad de la unidad de negocio. A partir de datos históricos del comportamiento del sistema, se simuló el comportamiento de la demanda de servicios.

Resultados: El modelo planteado permite identificar las capacidades involucradas y su cálculo en el modelamiento; además, se logra contrastar el comportamiento del modelo, el cual, mediante la búsqueda de la mejor configuración en la asignación de recursos, persigue el objetivo de maximizar la utilización de la capacidad disponible, sin dejar de lado la rentabilidad de la operación. Lo que resulta de interés para la planeación del sistema, dados los costos asociados a la subutilización de la fuerza de trabajo o la prestación insuficiente del servicio al cliente.

Conclusiones: El modelo se establece como una propuesta para el análisis de capacidades operativas en empresas prestadoras de servicios que contemplen recurso humano para su ejecución, en donde se presente una demanda de servicios de diversos tipos para ser atendida por personal especializado, en diferentes jornadas de trabajo y mediante el uso de instalaciones específicas. La búsqueda de la mejor configuración de los recursos involucrados en dicha prestación de servicio permite a las empresas de este sector la continua indagación sobre la obtención de mejores índices de utilización y rentabilidad.

Palabras clave: planeación de capacidad, modelo financiero, rentabilidad, dinámica de sistemas.

INTRODUCTION

A service is defined as a set of activities that satisfy a particular need and is characterized by a high level of intangibility, which requires management before and after the process in order to achieve complete satisfaction from the customer. This section will show the international and national panorama of the sector of service provision.

Services have an important repercussion on growth and efficiency in many industries and in general economic results. Presently, they represent more than two thirds of the global gross domestic product (GDP), and the added value of services in the GDP tends to significantly increase with the income level of a country (World Trade Organization, 2010).

Financial services cover financial intermediation activities and auxiliary services provided by banks, stock markets, factoring companies, credit card companies, etc., and include financial intermediation services that are measured indirectly. Importation of this type of service due to technological advances in this sector is representative; however, exports of this type of service in the national field have been steady.

This study addresses the problem of profitability as a determining factor in assigning resources in order to identify performance in planning capacity. Additionally, we seek to study the impact of financial results in the provision of a service with respect to the allocation of capacities for such service provision, by looking for the best configuration that

guarantees a good result in terms of service levels and labor cost that respond to fluctuations in demand. The article is structured into four chapters: The first presents a review of literature that focuses on the dynamics of publications and the taxonomy of models related to capacity and profitability from a systems dynamics approach. The second chapter presents the method used and its relation to the conceptual model used. The third chapter shows the model using the methodology proposed by Forrester (Forrester, 1961). And the chapter 4 presents the results, the discussion, and the conclusions.

Review of Literature

The System Dynamics methodology allows the performance of highly complex systems to be modeled. The interaction of profitability used in decision making according to capacity allows a company to optimize the use of resources to provide the service. One of the reasons to use the System Dynamics methodology is that the service systems contemplate various scenarios and players that interrelate in a complex and unpredictable way; therefore, if the performance of this system is understood, the objectives of the system can be simulated through archetypes.

The dynamics of the publication of articles presented at the International Conference of the

System Dynamics Society is shown in figure 1. An exponential performance of publications is shown in aspects associated with service capacity and profitability. It also identifies an increase in the number of publications from 1981 to 2017. From 2004 the number of publications diminishes but stays constant, reflecting the validity of the subject addressed by various authors.

The different models presented by the authors in System Dynamics can be categorized using five publication approaches: Applied to governmental politics, logistics, health, planning and telecommunications. As shown in figure 2.

On the other hand, the evolution of publications related to the capacity of addressing a system using the System Dynamics Methodology is presented in figure 3. In referring to profitability models using the System Dynamics approach, the dynamics of publications diminishes starting in 2004; however, it continues to have a minimum amount until 2012. This is due to the fact that profitability models are approached from a financial perspective that does not contemplate the complexity of assignment relationships in capacities that a system comes to have. For that reason, this study provides information that shows the need to integrate profitability concept with system capacity.

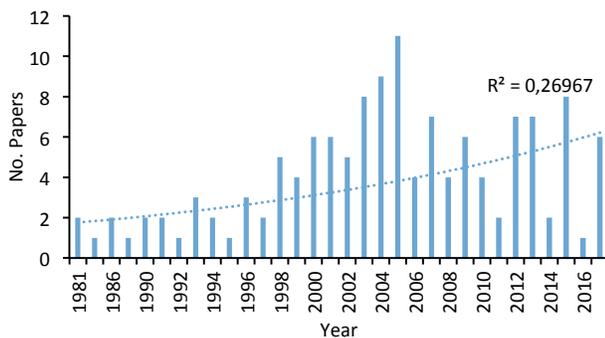


Figure 1. Dynamics of publications at the international conference of the system dynamics society in capacity and profitability

Source: own work

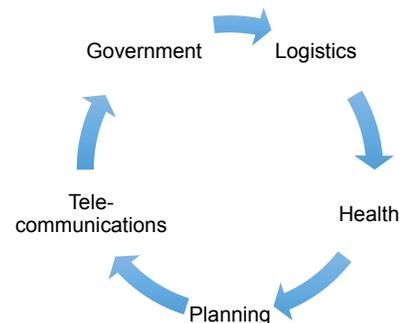


Figure 2. Taxonomy of model classification related to Capacity and profitability

Source: own work

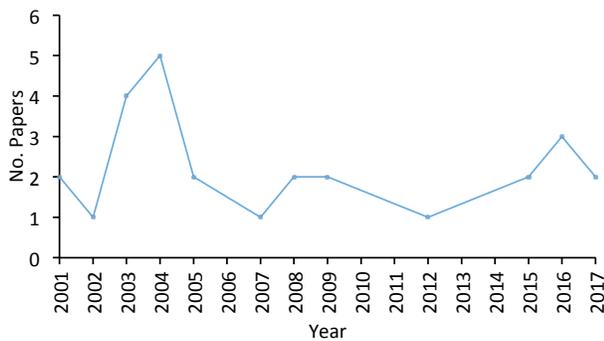


Figure 3. Dynamics of publications of profitability models using the system dynamics approach

Source: own work

Models of capacities applied to logistics

The models addressed using the System Dynamics Methodology include an analysis of capacity levels in the design and management of the supply chain, which analyze capacity restrictions through several combinations of levels in the supply chain (Evans, 1994).

On the other hand, the performance of services in the supply chain is addressed using the System Dynamics Methodology, due to the changes in demand and its relationship to inventory levels, the information in the supply chain, the deficit, and the physical capacity of product manufacturing (Douglas, 2005; Gonçalves Hines & Sterman, 2005). In this sense, the methodology using the System Dynamics has been widely used to address logistic problems in the supply chain (Zilouchian, Cardenas Martinez, Koochak-Yazdi, & Murad, 2012), (Tiru, Yuhua, & Anson, 2012), (Shamsuddoha, Quaddus, & Klass, 2013) y (Hettesheimer & Lerch, 2013).

The planning of resources through a logistics operator has been considered from the modeling of System Dynamics, and it considers financial performance, among other aspects (Romero Quiroga & Becerra Fernández, 2017).

Models applied to planning

An analysis of human resources assignments in bank service activities, which provides new

structures when compared to classical assignment techniques generated by the Operations Investigation, is done (Becerra Fernandez, 2013).

Orjuela and Huertas (Orjuela & Huertas, 2004) characterize the capacities of companies of services provision, from their evolution, and compare them with the capacities available to the manufacturing sector. Mejia, Hincapie y Gallego (Mejia Solanilla, Hincapié Isaza, & Gallego Rendón, 2015) propose a model applied to the energy sector for distribution planning through a multi-objective analysis, associated with financial measures, such as the cost of operation and investment.

Other models analyze attention capacities using perception parameters regarding the length of lines (Delgado, 2011), (Ann van Ackere, 2006). System Dynamics analyses contemplate models that use human capital and planning analysis to model service dynamics, in order to present models that evaluate public policies in Australia (Sveiby, 2002).

Models that analyze services and impacts on quality to determine service management policies are approached through System Dynamics using empirical tests that determine service quality (Senge, 1993).

Additionally, the design and planning of the supply chains for the reduction of logistic costs is approached from a multiple selection objective programming model to find a favorite solution (Aalaei & Davoudpour, 2016).

METHODS

The conceptual structure of the model that was developed was based on the study of effects that are generated in the dynamics of the financial services sector and activities associated with the generation of profitability in providing services. The construction of the conceptual structure requires formulating the problem and the underlying dynamic hypothesis as an axis of a causal diagram and the creation of structure simulation sectors. Then, aspects inherent to the conceptual structure and analysis of the model with system dynamics are developed.

Methodology proposed by (Morecroft & Sterman, 1994) and (Forrester, 1961) was used to develop the capacity planning model, which was done using the ITHINK computer program.

Model

The model used analyzes the performance of resource capacity planning using the profitability modeling of a financial services company, and the problem and the hypothesis used were formulated. Then the problem addressed was approached using the system dynamics methodology.

Formulating the problem

The growth of an organization requires a change in procedures and processes that requires looking at the impact of quality and food safety in fruit products. Therefore, the problem formulated is: *What is the capacity performance due to changes in the profitability of companies that provide financial services?*

In this way, the following dynamic hypothesis that supports the developed model was proposed.

Dynamic hypothesis

Capacity planning of resources used by financial services companies depend on the profits obtained during certain periods.

Causal diagram

The causal diagram of the model for resource capacity planning by means of dynamic analysis of profitability approaches the conceptual elements of experts in the financial sector and theories that have looked at the subject using different approaches and simulation structures. The causal diagram proposed has five balancing loops and two reinforcing loops. In this case, the reinforcing loops represent the effect of the net income and profitability. The balancing loops are related to the effect of taxes on profitability of the financial services companies (figure 4).

The simulation structure, developed using the System Dynamic methodology, is presented as follows.

Simulation structure

The structure of the profitability sector is shown in levels: Gross Profit, operational profit, profit before

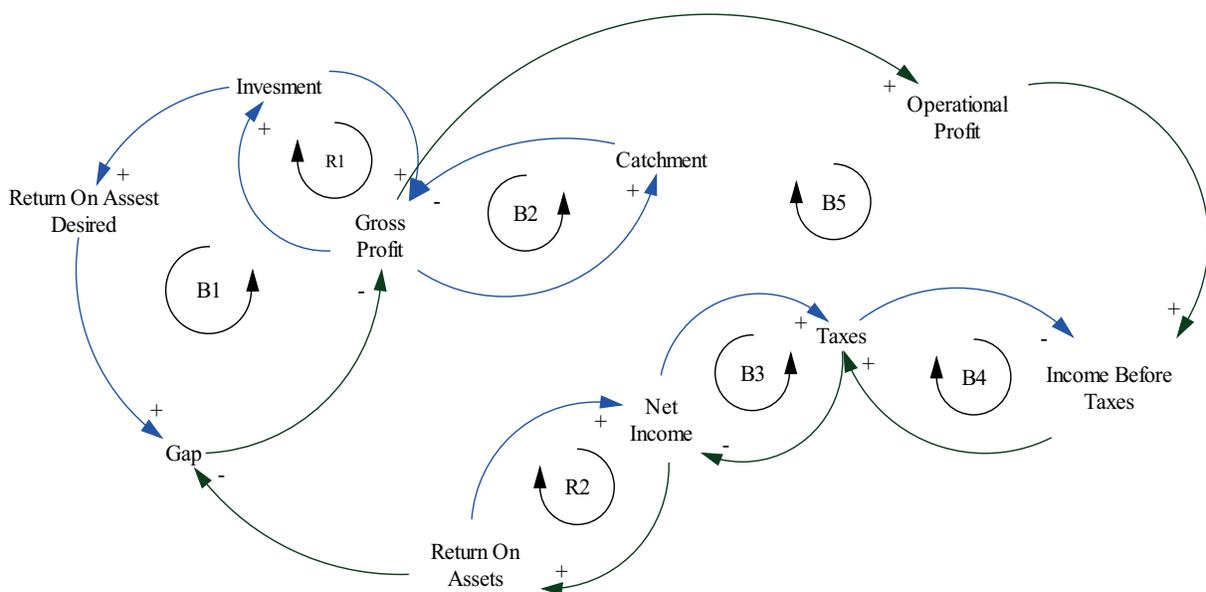


Figure 4. Causal diagram of the capacity and profitability planning model

Source: own work

taxes, and profit after taxes. Figure 5 represents the Forrester diagram in the profitability sector. This contemplates income calculated from profitability and placement time used as a point for decision making.

Profitability is analyzed using this structure, keeping in mind the placement time of financial income, and different rates that intervene in profitability flows.

On the other hand, the capacity planning structure was designed according to different workdays in a financial services company (daytime, additional hours, and Saturdays), and service levels (cashiers and representatives). Figure 6 presents a

Forrester model designed to analyze performance in assigned work positions according to transactions and available capacity.

The combination of the two sectors allows the analysis of the performance of resource capacity planning from the profitability of financial service companies. The calibration of the model mainly consisted in analyzing the behavior of the allocation of personnel against the installed capacity and the available capacity of the system, which means that the appropriate assignment is made according to the capacity of the system (see figure 7).

The following section presents the simulation results obtained from the structures of the sector.

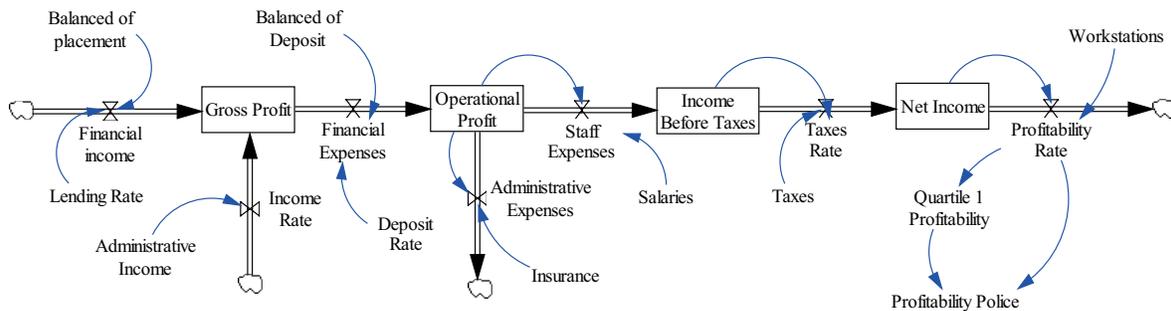


Figure 5. Profitability sector forrester diagram

Source: own work

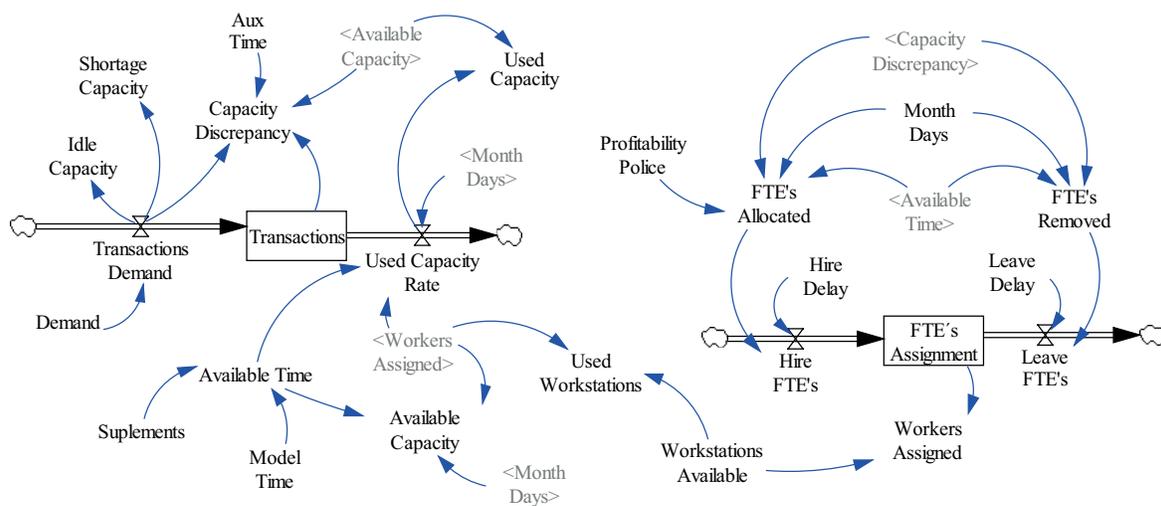


Figure 6. Forrester diagram capacity planning sector

Source: own work

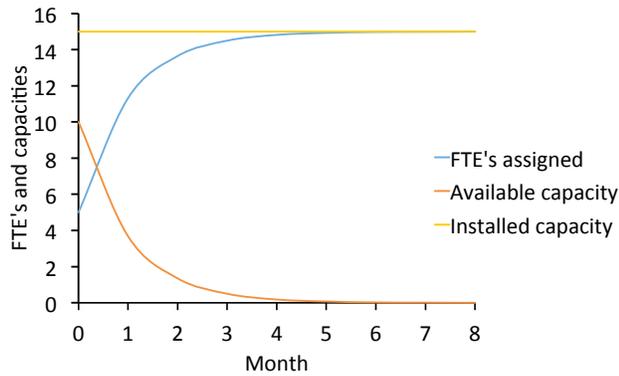


Figure 7. Calibration of the model

Source: own work

RESULTS AND DISCUSSION

Capacity and profitability planning

The capacity planning model shows the assignment performance over time of representatives and cashiers in a financial services company. Performance fluctuations are shown in Table 1, where higher assignment values for representatives in daytime work (DW) and a lesser value in the assignment for Saturday work (SW) stand out. Capacity planning performance maintains a similar pattern in the first 12 months to that of profitability performance, as shown in table 1 and table 2.

Table 1. Profitability performance in the capacity planning model to cash

Months	Profitability Cash	Q1 Cash Profitability	Profitability Police Cash	FTEs Allocated Cash	FTEs Allocated JA Cash	FTEs Allocated JS Cash
1	102,23			0	0	11,24
2	132,72			37,38	15,87	0
3	155,88	117,48	1	12,94	1,25	8,56
4	168,17			22,73	9,21	0
5	182,89			0	0	15,48
6	200,55	175,53	1	0	4,23	16,65
7	204,03			4,14	10,4	0
8	212,31			0	0	0
9	247,62	208,17	1	46,99	15,2	0
10	241,52			53,86	21,75	21,62
11	222,96			0	0	0
12	226,99	224,98	1	0	0	0
13	245,94			8,47	2,63	7,46
14	242,94			0	0	4,14
15	255,4	244,44	1	11,02	6,75	0
16	256,93			0	0	58,23
17	258,69			23,71	18,06	0
18	261,32	257,81	1	0	0	0
19	252,65			46,47	28,5	0
20	249,36			23,24	4,55	12,15
21	239,13	244,25	0	0	0	0
22	249,45			0	0	40,36
23	248,18			0	0	0
24	273,28	248,82	1	11,57	7,69	0

Source: own work

On the other hand, profitability diminishes as the number of representatives assigned increases each day. Therefore, Table 1 and 2 show that profitability limits the assignment of representatives and/or cashiers in a financial services company.

Profitability performance in the capacity planning model can analyze changes in placement time and in the influence of assets rates in income; these this in turn change the assignment of personnel (representatives or cashiers). With a higher placement time the profitability grows slower, which affects in the assignment of resources. Conversely, with a lesser time the system presents a better performance in reference to assignment of resources.

CONCLUSIONS

In a capacity planning process, the fluctuating restrictions of the system affect the assignment of resources. This means that less profitability results in lower resource assignment; thus, optimizing the resource using other analysis techniques will not allow the absorption of fluctuations associated with placement times of assets and profitability in financial services companies. The application of system dynamics methodology to address complexity models allow the capacities' performance and fluctuation over time to be analyzed. The analysis of financial aspects linked to capacity allows the

Table 2. Profitability performance in the capacity planning model to advice

Months	Profitability Advice	Q1 Advice Profitability	Profitability Police Advice	FTEs Allocated Advice	FTEs Allocated JA Advice	FTEs Allocated JS Advice
1	95,74			0	0	6,15
2	139,36			77,71	29,31	0
3	151,2	117,55	1	17,67	0	15,04
4	173,03			46,38	31,07	0
5	178,06			0	0	15,35
6	209,54	175,55	1	15,62	0	28,96
7	218,86			24,47	96,22	30,32
8	195,45			0	0	0
9	250,57	207,155	1	80,1	3,15	0
10	232,51			92,03	33,97	0
11	201,5			0	0	18,01
12	224,58	213,04	1	0	0	0
13	250,33			7,18	52,93	0
14	238,06			0	0	7,33
15	272,54	244,20	1	26,26	22,2	4,83
16	258,03			0	0	0
17	310,56			75,1	9,06	0
18	272,68	265,36	1	0	0	
19	281,01			161,39	38,8	38,02
20	212,72			46,33	15,52	27,67
21	194,26	203,49	0	0	0	0
22	222,21			0	25,13	1
23	235,56			0	41,46	
24	260,03	228,89	1	0	11,24	41,43

Source: own work

integral contextualizing of the performance of a financial services company system.

FUTURE STUDIES

By means of this model, analysis of planning capacity performance is done while keeping in mind the profitability restriction in several service sectors. Also, it can include other aspects that restrict the assignment of personnel in service companies, such as technologies used, processing resources available and factors involving service quality.

APPENDIX

The main equations of the model are presented as follows:

$$\text{Gross_profit}(t) = \text{Gross_profit}(t-dt) + (\text{Financial_income} + \text{Income_rate} - \text{Financial_expenses}) * dt$$

- INIT Gross_profit = 65178
- INFLOWS:
- Financial_income = (((1+Lending_rate)^(30/365))-1)*Balanced_of_placement

$$\text{Income_rate} = \text{Administrative_income}$$

- OUTFLOWS:
- Financial_expenses = (((1+Deposit_rate)^(30/365))-1)*Saldo__Captación

$$\text{Income_before_taxes}(t) = \text{Income_before_taxes}(t-dt) + (\text{Staff_expenses} - \text{taxes_rate}) * dt$$

- INIT Income_before_taxes = 32494.82
- INFLOWS:
- Staff_expenses = Operational_profit*Salaries_rate
- OUTFLOWS:
- taxes_rate = Income_before_taxes-(Income_before_taxes*Taxes)

$$\text{Net_income}(t) = \text{Net_income}(t-dt) + (\text{taxes_rate} - \text{Profitability}) * dt$$

- INIT Net_income = 21771.53
- INFLOWS:
- taxes_rate = Income_before_taxes-(Income_before_taxes*Taxes)
- OUTFLOWS:
- Profitability = Net_income/Workstation

$$\text{Operational_profit}(t) = \text{Operational_profit}(t-dt) + (\text{Financial_expenses} - \text{Staff_expenses} - \text{Administrative_expenses}) * dt$$

- INIT Operational_profit = 61350.38
- INFLOWS:
- Financial_expenses = (((1+Deposit_rate)^(30/365))-1)*Saldo__Captación
- OUTFLOWS:
- Staff_expenses = Operational_profit*Salaries_rate
- Administrative_expenses = Operational_profit*Insurance_rate
- Administrative_income = NORMAL(23.76, 8.48)
- Balanced_of_placement = NORMAL(6257.27, 2844.28)
- Deposit_rate = NORMAL(0.0359, 0.0009)
- Insurance_rate = 0.08
- Lending_rate = NORMAL(0.1422, 0.001907)
- Salaries_rate = 0.04
- Saldo__Captación = NORMAL(4992.84, 2149)
- Taxes = 0.33

REFERENCES

- Aalaei, A., and Davoudpour, H. (2016). Revised multi-choice goal programming for incorporated dynamic virtual cellular manufacturing into supply chain management: A case study. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 47(1), 3-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2015.04.005>
- Ackere, A., Haxholdt, C., and Larsen E. R. (2006). Long-term and short-term customer reaction: a two-stage queueing approach. *System Dynamics Review*, 22(4), 349-369. DOI: <https://doi.org/10.1002/sdr.348>
- Anson, L., and Kambiz, M. (2011). A Supply Chain Paradox. *International Conference of the System Dynamics Society*. Washington, DC: System Dynamics Society.
- Anson, L., and Kambiz, M. (2012). A Supply Chain Paradox. *International Conference of the System Dynamics Society*. St. Gallen: System Dynamics Society.
- Ashish, A., Ravi, S., and Purnendu, M. (2008). Modeling Integration and Responsiveness for Supply

- Chain. *International Conference of the System Dynamics Society*. Athens: System Dynamics Society.
- Becerra, M., Orjuela, J. A., Romero, O. R., Herrera, M. M. (2013). Model for Calculating Operational Capacities in Service Providers Using System Dynamics. *System Dynamics Conference*. Cambridge, USA.
- Betancur, M., Giraldo, D., and Arango, S. (2011). Effects of Food Availability Policies on National Food Security: Colombian case. *International Conference of the System Dynamics Society*. Washington, DC: System Dynamics Society.
- Bijulal, D., and Venkateswaran, J. (2008). Closed-Loop Supply Chain Stability under Different Production-Inventory Policies. *International Conference of the System Dynamics Society*. Athens: System Dynamics Society.
- Campuzano Bolarin, F., Ros McDonnell, L., and García, J. M. (2008). Reducing the impact of demand process variability within a multi-echelon supply chain. *International Conference of the System Dynamics Society*. Athens: System Dynamics Society.
- Delgado, C. (2011). Capacity Adjustment in a Service Facility with Reactive Customers and Delays: Simulation and Experimental Analysis. *System Dynamics Conference*. Washington, USA.
- Deogratias, K., Jain, S., and McLean, C. (2009). A System Dynamics Framework for Sustainable Manufacturing. *International Conference of the System Dynamics Society*. Albuquerque: System Dynamics Society.
- Diaz Pabon, F., Espinoza, C., Namen Leon, M., Palacio, M., and Cuervo, R. (2010). Humanitarian Crisis: when Supply Chain really matters. *International Conference of System Dynamics Society*. Seoul: System Dynamics Society.
- Douglas, J. Morrice, G. L. (2005). The “physics” of capacity and backlog management in service and custom manufacturing supply chains. *System Dynamics Review*, 21(3), 217-247. DOI: <https://doi.org/10.1002/sdr.319>
- Dudley, R. (2011). Might Continued Emphasis on Maize at the Expense of More Drought Tolerant Crops Endanger Food Security in the Horn of Africa? *International Conference of the System Dynamics Society*. Washington, DC: System Dynamics Society.
- Elmasry, S., Shalaby, M., and Saleh, M. (2012). A System dynamics simulation model for scalable-capacity manufacturing systems. *International Conference of the System Dynamics Society*. St. Gallen: System Dynamics Society.
- Evans, G. N. (1994). The Dynamics of Capacity Constrained Supply Chains. *International System Dynamics Conference*, 28-42. Stirling, Scotland.
- Forrester, J. W. (1961). *Industrial Dynamics*. Cambridge, USA: Massachusetts Institute.
- Fukushima, S., and Yamaguchi, K. (2009). Is Japanese Manufacturing Style (so-called Monozukuri) really robust?—A Causal Loop Diagram and Modeling Approach. *International Conference of the System Dynamics Society*. Albuquerque: System Dynamics Society.
- Giraldo, D., Arango, S., and Betancur, M. (2008). Model on Food security in development countries: A systemic perspective. *International Conference of the System Dynamics Society*. Athens: System Dynamics Society.
- Gyu Rim, K. (2009). Analysis of Global Food Market and Food-Energy Price Links: Based on System Dynamics Approach. *International Conference of the System Dynamics Society*. Albuquerque: System Dynamics Society.
- Hettesheimer, T., and Lerch, C. (2013). Future Trends of the automotive Li-Ion Battery Supply Chain in Germany – Dynamic effects on raw materials and employment. *International Conference of the System Dynamics Society*. Cambridge: System Dynamics Society.
- Hoa Vo, T. L., and Thiel, D. (2008). A System Dynamics Model of the Chicken Meat Supply Chain faced with Bird Flu. *International Conference of the System Dynamics Society*. Athens: System Dynamics Society.
- Killingsworth, W., Chavez, R., and Nelson, M. (2008). The Dynamics of Multi-Tier, Multi-Channel Supply Chains for High-Value Government Aviation Parts. *International Conference of the System Dynamics Society*. Athens: System Dynamics Society.

- Lee, Y., An, L., and Connors, D. (2010). Controlling Workforce in Response to Demand Disturbances in Services Supply Chains. *International Conference of the System Dynamics Society*. Seoul: System Dynamics Society.
- Lehr, C., and Milling, P. (2009). From Waste to Value—A System Dynamics Model for Strategic Decision Making in Closed-Loop Supply Chains. *International Conference of the System Dynamics Society*. Albuquerque: System Dynamics Society.
- Lopez, L., and Zuniga, R. (2012). The Dynamics of a Judicial Service Supply Chain: A case study. *International Conference of the System Dynamics Society*. St. Gallen: System Dynamics Society.
- Maani, K., and Fan, A. (2008). Resolving Performance Measure Conflicts in a Supply Chain using Systems Thinking Methodology. *International Conference of the System Dynamics Society*. Athens: System Dynamics Society.
- Mejia Solanilla, A. M., Hincapié Isaza, R. A., and Gallego Rendón, R. A. (2015). Planeación óptima de sistemas de distribución considerando múltiple objetivos: costo de inversión, confiabilidad y pérdidas técnicas. *Tecnura*, 19(43) 106-118. DOI: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.1.a08>
- Morecroft, J., and Sterman, J. (1994). *Modeling for Learning Organizations*. Portland, EEUU: Productivity Press.
- Moxnes, E. (2009). Peak oil, biofuels, and long-term food security. *International Conference of the System Dynamics Society*. System Dynamics Society.
- Niu, M. (2008). The Dynamic Analysis of a Simplified Centralised Supply Chain and Delay Effects. *International Conference of the System Dynamics Society*. Athens: System Dynamics Society.
- Orjuela, J., and Huertas, I. (2004). Las empresas de prestación de servicios y la determinación de su capacidad de operaciones. *Tecnura*, 7(14), 7-16.
- Gonçalves, P. Hines, J., and Sterman, J. (2005). The impact of endogenous demand on push-pull production systems. *System Dynamics Review*, 21(3), 187-216. DOI: <https://doi.org/10.1002/sdr.318>
- Poles, R., and Cheong, F. (2009). Inventory Control in Closed Loop Supply Chain using System Dynamics. *International Conference of the System Dynamics Society*. Albuquerque: System Dynamics Society.
- Pruyt, E., and De Sitter, G. (2008). Food or Energy? Is that the question? *International Conference of the System Dynamics Society*. Athens: System Dynamics Society.
- Rodrigues, L., Farahnaz, M., Deepak, R., and Vasanth, K. (2012). System Dynamics Model for Remanufacturing in Closed Loop Supply Chains. *International Conference of the System Dynamics Society*. St. Gallen: System Dynamics Society.
- Rogelio, O., Herrero, L., Kraizelburd, S., and Watson, N. (2010). Understanding Supply Chain Replenishment Decisions. *International Conference of the System Dynamics Society*. Seoul: System Dynamics Society.
- Romero, O. R., and Becerra, M. (2017). Dynamic Planning of Infrastructure and Logistics Resources in Distribution Centers. *Communications in Computer and Information Science*, 752(1), 760-773.
- Sanches, L., and Lima, O. (2011). Hockey-stick phenomenon: supply chain challenges in Emerging countries. *International Conference of the System Dynamics Society*. Washington, DC: System Dynamics Society.
- Senge, P. M. (1993). Developing Theory of Service Quality/Service Capacity Interaction. *System Dynamics Conference*, (p. No). Cancun, Mexico.
- Shamsuddoha, M., Quaddus, M., and Klass, D. (2013). Poultry Supply Chain: A System Approach. *International Conference of the System Dynamics Society*. Cambridge: System Dynamics Society.
- Soloukdar, A. (2012). Designing and Analysis a Dynamic Model of World Class Manufacturing in Iranian Automotive Industry. *International Conference of the System Dynamics Society*. St. Gallen: System Dynamics Society.
- Struben, J., and Chan, D. (2011). Non-communicable Disease Dynamics and Prevention: Dynamics of Nutritious Food Market Transformation Initiatives. *International Conference of the System Dynamics Society*. Washington, DC: System Dynamics Society.

- Sveiby, K.-E. (2002). Building a Knowledge-Based Strategy: A system Dynamics Model for Allocating Value-Adding Capacity. *International Conference of the System Dynamics Society*. Palermo, Italy.
- Sverdrup, H., Koca, D., and Ragnarsdottir, V. (2012). The WORLD model: Peak metals, minerals, energy, wealth, food and population. *International Conference of the System Dynamics Society*. St. Gallen: System Dynamics Society.
- Tasrif, M., and Juniarti, I. (2011). A Dynamic View on Knowledge Development: A Case of Industrial Aerospace Supply Chain Development in Indonesia. *International Conference of the System Dynamics Society*. Washintong, DC: System Dynamics Society.
- Tiru, A., Yuhua, Z., and Anson, L. (2012). Leveraging Supply Chain Relationships – A System Dynamics Perspective. *International Conference of the System Dynamics Society*. St. Gallen: System Dynamics Society.
- Tseng, Y.-t., and Yang Wang, W. (2012). A System Dynamics Model of Evolving Supply Chain Relationships and Inter-firm Trust. *International Conference of the System Dynamics Society*. St. Gallen: System Dynamics Society.
- World Trade Organization (2015). *WTO Statistics Database*. Geneva, Switzerland: International Trade Statistics Section. Recovered https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/statis_e.htm
- Yasarcan, H. (2011). Information Sharing in Supply Chains: A Systemic Approach. *International Conference of the System Dynamics Society*. Washington, DC: System Dynamics Society.
- Zilouchian, E., Cardenas Martinez, A., Koochak-Yazdi, S., and Murad, H. (2012). Industry Analysis: The Fastener Supply Chain in Aerospace Industry. *International Conference of the System Dynamics Society*. St. Gallen: System Dynamics Society.
- Zimmermann, N. (2011). Mechanisms of consumer boycotts: Evidence from the Nestlé infant food controversy. *International Conference of the System Dynamics Society*. Washington, DC: System Dynamics Society.





La industria de sensores en Colombia

The sensors industry in Colombia

Angélica Mercedes Nivia Vargas¹, Iván Jaramillo Jaramillo²

Fecha de recepción: 5 de noviembre de 2017

Fecha de aceptación: 15 de marzo de 2018

Cómo citar: Nivia V., A.M. y Jaramillo J., I. (2018). La industria de sensores en Colombia. *Tecnura*, 22(57), 44-54. DOI: <https://doi.org/10.14483/22487638.13518>

Resumen

Contexto: Colombia es un consumidor masivo de productos electrónicos y, en especial, de elementos primarios como sensores; sin embargo, no posee las herramientas para su producción. Los sensores, al ser los elementos necesarios para la realimentación de un proceso, se vuelven imprescindibles para la instauración de cualquier iniciativa de producción.

Método: En este trabajo se realiza un diagnóstico y perspectiva de la industria de sensores en Colombia, enmarcada en la primera etapa de la tesis de maestría titulada “Estrategia de producción de sensores para el sector industrial colombiano”. Para tal fin, se hace un breve análisis de entorno (Román, 2016) y se establece su relación con la fabricación de dispositivos electrónicos en Colombia.

Resultados: Se logra identificar algunos aspectos distintivos de la industria, como los sectores económicos donde se ubican las empresas que utilizan sensores, reconocimiento de las variables más medidas y, particularmente, qué sensores son los más utilizados para medir dichas variables. Además, se determinaron las principales compañías proveedoras de sensores en Colombia.

Conclusiones: A partir de la indagación realizada, se concluyó que los sensores que miden temperatura y

presión son aquellos con más demanda en la población de la industria nacional, y que el sector al que pertenecen la mayor cantidad de empresas consumidoras de sensores es la manufacturera.

Palabras clave: industria electrónica, instrumentación, perspectiva, sensor.

Abstract

Context: Colombia is a massive consumer of electronic products, especially primary elements such as sensors, but it does not have the tools to produce them. The sensors, necessary elements for the realization of a process, become essential for the installation of any production initiative.

Method: This paper makes a diagnosis and perspective of the sensor industry in Colombia, framed in the first stage of the Master's thesis entitled “Sensor production strategy for the Colombian industrial sector.” For that purpose, an environment analysis is made (Román, 2016), and a relationship between the environment and the manufacture of electronic devices in Colombia is established.

Results: It is possible to identify some distinctive aspects of the industry, such as the economic sectors in which companies most use sensors, the identification of the most measured variables, and

1 Ingeniera en Control, magíster en Ingeniería Electrónica (c). Docente Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C., Colombia. Contacto: amniviav@unal.edu.co

2 Ingeniero eléctrico, magíster en Sistemas y Computación. Docente Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. Contacto: ijaramilloj@unal.edu.co

particularly which sensors are the most used to measure these variables. Additionally, it was possible to determine which are the main suppliers of sensors in Colombia.

Conclusions: Based on the investigation, it was concluded that the sensors that measure temperature

and pressure have the highest demand in the industrial sector, and that the largest number of sensor consuming companies belong to the manufacturing sector.

Keywords: electronics industry, instrumentation, perspective, sensor.

INTRODUCCIÓN

La industria y la investigación en sensores e instrumentación tienen una influencia muy fuerte ya que existe una gran cantidad de campos en los cuales se requiere la medición de variables, como la automatización, por lo cual uno de los grandes factores de la productividad empresarial depende de esta industria.

En Colombia se requiere el desarrollo de una infraestructura de conocimiento de los sensores para que, en un futuro cercano, se dé origen a una industria nueva y tener las herramientas necesarias para competir en el mundo. Y para llegar a transformar el entorno industrial, se requiere tener el control de cómo se mide y la confianza de los datos obtenidos. Para conseguir esto, es necesario conocer la particularidad del funcionamiento de los elementos de medición, como los sensores, y así estar en la capacidad de aplicar un desarrollo a las necesidades puntuales de cada industria, y provocar una mejora considerable en los procesos industriales desarrollados.

En Colombia se están produciendo cambios de conceptos simultáneos en numerosos campos del conocimiento, que están generando modelos epistemológicos renovados que permiten comprender diferentes fenómenos, a su vez una nueva evolución de tecnologías que surgen del conocimiento de las posibilidades de aplicación. Los avances en campos como la microelectrónica, las telecomunicaciones, la informática, la biotecnología y la robótica, entre otros, están transformando las estrategias de producción concebidas hasta el momento, generando así, valores agregados en la

producción de bienes y servicios (Comisión Distrital de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2007).

Por esto, pensar en incursionar en una industria propia, como la de la fabricación de sensores, puede ser más factible de lo pensado. El presente trabajo realiza un análisis del estado actual de la industria de sensores en el país, y proporciona un panorama de la potencialidad de crecimiento de esta industria. Un análisis similar y complementario fue desarrollado por el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Industria Electro Electrónica y TIC CIDEI, en el cual se presentó una perspectiva tecnológica de la industria electro electrónica de Bogotá y Cundinamarca. Para el presente estudio se utilizó una metodología de trabajo similar, sin embargo, el alcance abarca el panorama nacional del uso y fabricación de sensores.

REVISIÓN HISTÓRICA DE LOS SENSORES

La palabra *sensor* viene de la raíz latina *sentire*, que significa percibir. El sensor es considerado como el dispositivo que responde a un estímulo o ante una determinada entrada, y genera una respuesta procesable; esta es referida como *mensurando*. La respuesta entregada generalmente es una señal eléctrica.

El sensor empezó con la necesidad de cuantificar las variables y es, quizás, el de temperatura el primero en expandir su uso, su surgimiento se remonta al Renacimiento.

Debido a que el calor es una medida de energía en un cuerpo o material, cuanto más energía, más caliente está. Pero, desafortunadamente, las

propiedades físicas de masa y dimensión eran difíciles de medir. Muchos de los métodos eran indirectos; es decir que para determinar estas variables era necesario observar el efecto que el calor tenía en un objeto y así se deducía la temperatura de este.

El termómetro, como lo conocemos, fue inventado en 1612 en lo que ahora es Italia, por Santorio Santorii. El sensor de temperatura bimetálico fue inventado en el siglo XIX; sin embargo, la electricidad fue una excitante área de investigación y los científicos pronto descubrieron que los metales variaban su resistencia y su conductividad. De ahí que Thomas Johann Seebeck, en 1821, descubriera que se creaba un voltaje cuando la unión de dos metales distintos era ubicada en una temperatura diferente. Más tarde, Peltier descubrió que el efecto del termopar era reversible y podría ser usado con cierta variación como actuador (OMEGA, 2015).

En 1930 el primer termostato de alta temperatura fue introducido al mercado, no obstante, en 1960 fue desarrollado el primer sensor inteligente por Honeywell. Este nació como una solución al problema de compensación de temperatura para el sistema de aire en los aviones DC9; estaba formado por dos piezorresistores que medían la presión y dos capacitores para crear un desplazamiento de fase. Estos elementos estaban realimentados y conectados a un inversor para crear un oscilador. La frecuencia de salida era proporcional a la constante de tiempo y por ende a la presión (Custodio, Bragos y Pallas, 1999).

Tiempo después, Toyota Research presentó otro sensor de presión, similar al desarrollado por Honeywell. Ambas empresas, sin imaginárselo, estaban empujando una revolución sin precedentes en la tecnología de sensado, que aún continúa.

En los últimos años, los sistemas automatizados que realicen diferentes operaciones han tenido un progreso importante, y es de resaltar que los sensores, además de estar presentes en muchas partes de estos sistemas, desempeñan un papel fundamental en su funcionamiento. El sensor está tomando un lugar más importante en las interacciones diarias

que cualquier otro dispositivo. Además, se está convirtiendo en parte integral del crecimiento y desarrollo tecnológico.

Específicamente, cada aplicación demanda de varios requerimientos, dentro de los cuales existe por lo menos un sensor que forma parte del sistema. Sin embargo, independientemente de la aplicación, todos los sensores tienen el mismo objetivo: lograr una lectura precisa y estable del midiendo objetivo. De esta manera, la tecnología de sensores ha tenido un crecimiento significativo en el campo de la física, química y la biología.

Hoy, los sensores están encontrando un rol más prominente, la necesidad de aparatos para hacer la vida mejor, más fácil y segura es demasiado fuerte. Estos se utilizan en aplicaciones como: monitoreo ambiental, diagnóstico y atención médica, industria manufacturera y automotriz, electrodomésticos, defensa y seguridad, algunos juguetes, entre otros.

OFERTA DE SENSORIA EN COLOMBIA

El panorama de los sensores está evolucionando; hoy se habla de sensores inteligentes y toda una tecnología de sensado se está fortaleciendo a través de los desarrollos investigativos, por lo cual la necesidad de inversión tanto en calidad como en el desarrollo de sensores está creciendo. Por esto, el pensamiento de los empresarios a la hora de invertir está cambiando y esto se refleja en los productos que se encuentran en el mercado. El mercado cambiante al que se enfrentan las organizaciones está impulsando el desarrollo de ventajas competitivas con miras a mantenerse estables y sobresalir frente a la competencia (De la Hoz, Carrillo y Gómez, 2013).

La vertiginosa evolución de la electrónica, la informática y las telecomunicaciones, su cada vez más requerida demanda, el cambio constante del entorno nacional y mundial, y el impacto que su aplicación tiene en Colombia y el mundo, requieren de nuevos estudios sobre las tendencias, desde el punto de vista tecnológico y de mercados. A partir de esta necesidad, es posible

reflexionar respecto a las oportunidades que tiene el país de nivelarse con la globalización y los retos que se deben afrontar para lograr una adecuada competitividad.

El Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Industria Electro Electrónica y TIC CI-DEI, en alianza con la Asociación Colombiana de Empresas del Sector Electrónico y TIC (ASESEL) realizaron el estudio “Prospectiva tecnológica de la industria electroelectrónica de Bogotá y Cundinamarca”, en el cual se hace una revisión del contexto empresarial y científico mundial, y se integra con el componente tecnológico, científico, académico e institucional colombiano. Se pudo identificar que las principales líneas de investigación y tendencias tecnológicas en cuanto a electro electrónica son: nuevos materiales semiconductores, micro- y nanoelectrónica, sistemas micro- y nanoelectrónicos, magneto-electrónica, bioelectrónica y electromedicina, e integración electrónica fotónica.

Dentro de la industria electrónica mundial se pueden identificar tres tipos de compañías: empresas guía, fabricantes por contrato y líderes de plataforma. La interacción entre ellas determina la evolución de la industria. Las empresas guía son las dueñas de marcas reconocidas, que venden sus productos o sistemas a los consumidores finales u otros negocios; los fabricantes por contrato hacen productos para las empresas guía, y los líderes de plataforma son empresas exitosas en la implantación de tecnología como *hardware* o *software* en los productos de otras compañías; un ejemplo es el fabricante de chips Intel (Zuluaga, 2015). Dentro de las empresas guía se pueden distinguir empresas como: Diebold, Siemens, Rockwell, Phlios, Omron y Dover.

Para identificar aquellas empresas que lideran el mercado de la sensórica en Colombia, se realizó una indagación a grandes y medianas empresas ubicadas en el sector C, D y E, de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) (industrias manufactureras, de suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado y de distribución de

agua; evacuación y tratamiento de aguas residuales), con el propósito de analizar las variables que más se ocupan en medir a lo largo de los procesos de producción y a su vez las principales proveedores de los sensores que utilizan.

Para este ejercicio se tuvo en cuenta una base de datos de 500 empresas suministradas por la Cámara de Comercio de Bogotá y de 673 por el Ministerio de Industria y Comercio. Dentro de los aspectos a consultar se tienen: el sector de la industria de desempeño, variables que más se cuantifican en los principales procesos de producción, variables medidas por el mayor número de sensores, principales proveedores, servicio de los proveedores, referencias de los sensores más comprados, vida útil y calificación de la calidad de los sensores que la compañía más adquiere. Se preguntó por estos elementos mediante un formulario electrónico.

De las respuestas obtenidas, el 30 % de las empresas participantes se ubican en el sector manufacturero; seguido por un 10 % en el sector de minería, áridos y cemento, y un 8 % en el sector de plásticos y cauchos (figura 1).

Teniendo en cuenta que la confiabilidad de los resultados de una encuesta no depende del tamaño de la población encuestada (Triola, 2013), a continuación se describen los resultados obtenidos; a partir de la respuestas dadas a la pregunta “¿Cuál(es) variable(s) requiere(n) ser medida(s) en los principales procesos de producción que tiene su empresa?”. Se puede afirmar que las variables más requeridas para ser medidas en un proceso productivo en la industria colombiana son: 1) temperatura, 2) presión, 3) nivel (figura 2).

Las variables que reportan con más equipos medidores en un proceso productivo son: 1) temperatura, 2) presión, 3) nivel (figura 3).

De igual manera, se indagó acerca de las empresas proveedoras de la mayor cantidad de sensores para cada caso; como resultado, Siemens se ubica en primer lugar, seguido por Instrumatic (figura 4).

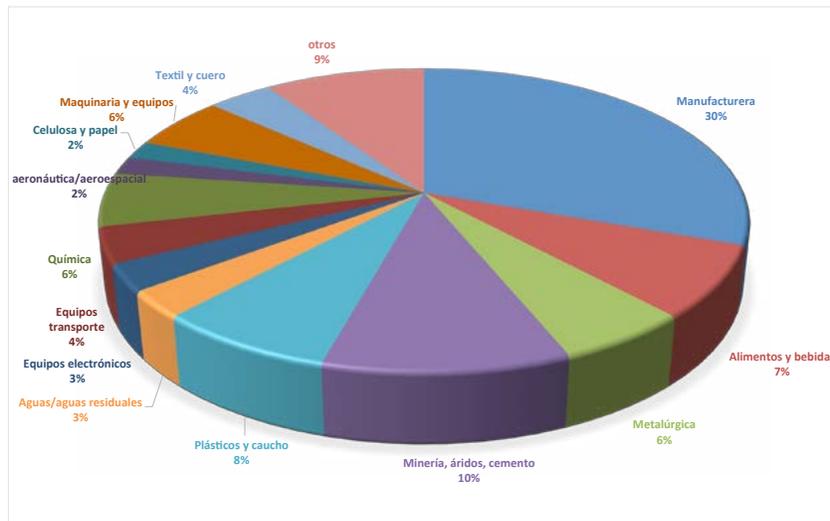


Figura 1. Sectores de la industria de las empresas parte de la muestra.

Fuente: elaboración propia.

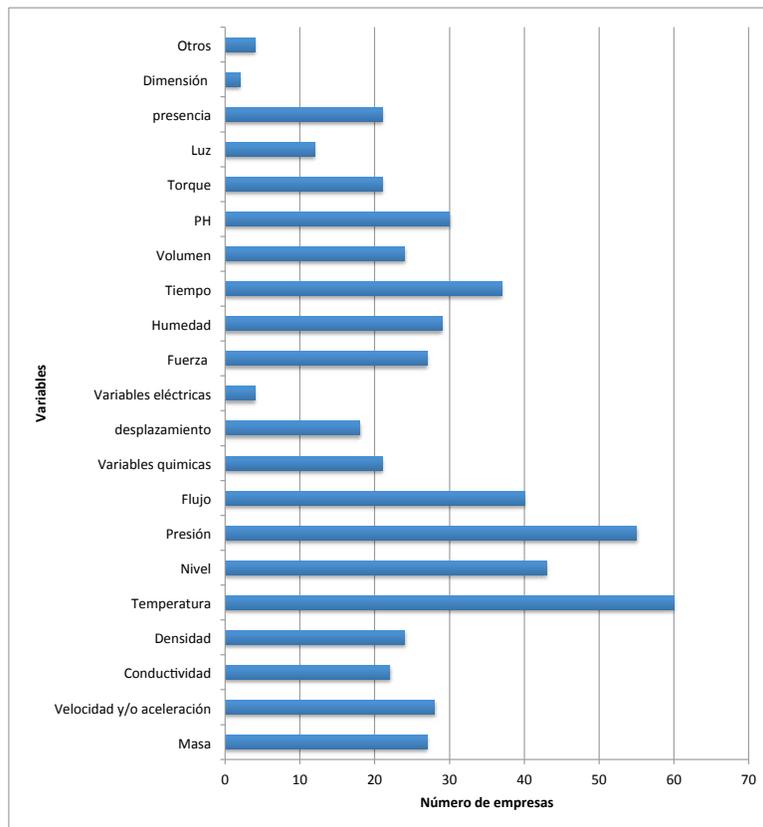


Figura 2. Variables más medidas en un proceso productivo

Fuente: elaboración propia.

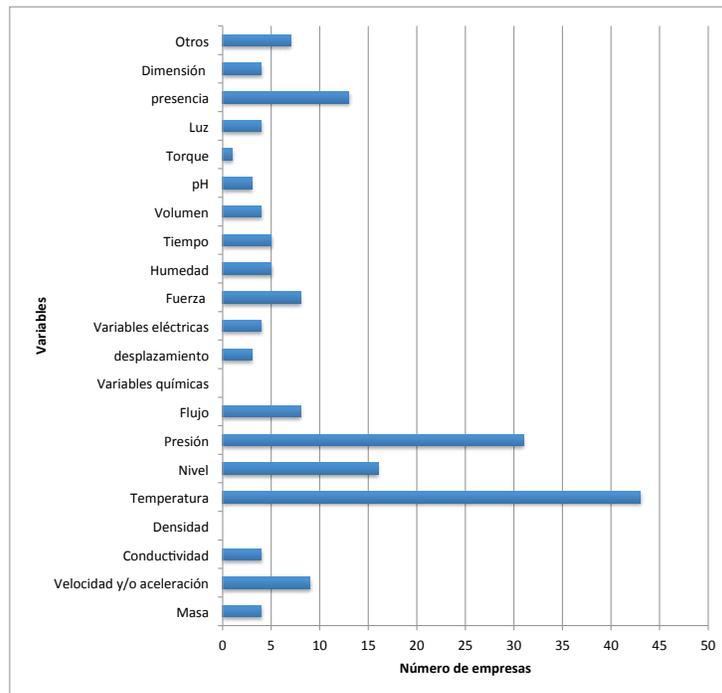


Figura 3. Número de respuestas dadas por empresas del mayor número de sensores por variable que la empresa compra

Fuente: elaboración propia.

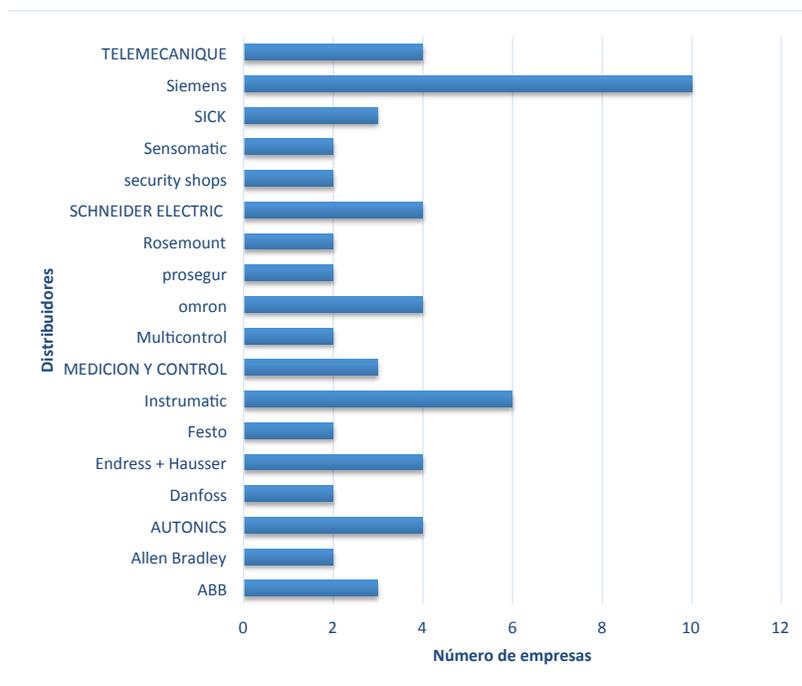


Figura 4. Número de respuestas dadas por empresas de sus distribuidores de sensores más frecuentes

Fuente: elaboración propia.

Adicionalmente al preguntar a las empresas vendedoras de sensores, indican que los sensores de temperatura son los más vendidos, seguido por los sensores de presencia (figura 5).

DESARROLLO TECNOLÓGICO EN LA INDUSTRIA DE SENSORES

En Colombia, el avance tecnológico está a cargo de la empresa extranjera, la cual tiene gran participación en nuestra industria a través de la manufactura. Debido a la diversidad de líneas y a los mercados estrechos que posee la industria colombiana, avanzar tecnológicamente no resulta ser fácil. Desarrollar o asimilar tecnología con esfuerzo colombiano es el gran reto por mantener, a través del fortalecimiento de las áreas de investigación en el interior de las empresas (Colciencias, 1994).

Es de gran importancia fortalecer la actividad investigadora dentro de las empresas en desarrollo o con prospección innovadora, en donde muchas

veces se requiere una fuerte inversión en el departamento de electrónica. Y a pesar del nacimiento de departamentos de investigación, es uno de los campos más abandonados por las industrias colombianas, ya que sus impactos resultan ser a mediano y largo plazo.

Adicionalmente, se presenta una debilidad financiera de los centros especializados –órganos de creación, difusión y transferencia de conocimiento y tecnología al sector productivo– los cuales fueron creados desde inicios de los noventa, por lo cual no se ha garantizado su normal operación dadas las incertidumbres de apoyo financiero por parte del Estado; por esto, requiere el desarrollo de una industria que demande y produzca conocimiento (Colciencias, 2005).

Hoy, Colombia se limita a propiciar las exportaciones de productos naturales, una serie de insumos de poco valor agregado y mucha inversión de capital. Los requerimientos de inversión tecnológica que se necesitan en las empresas requieren

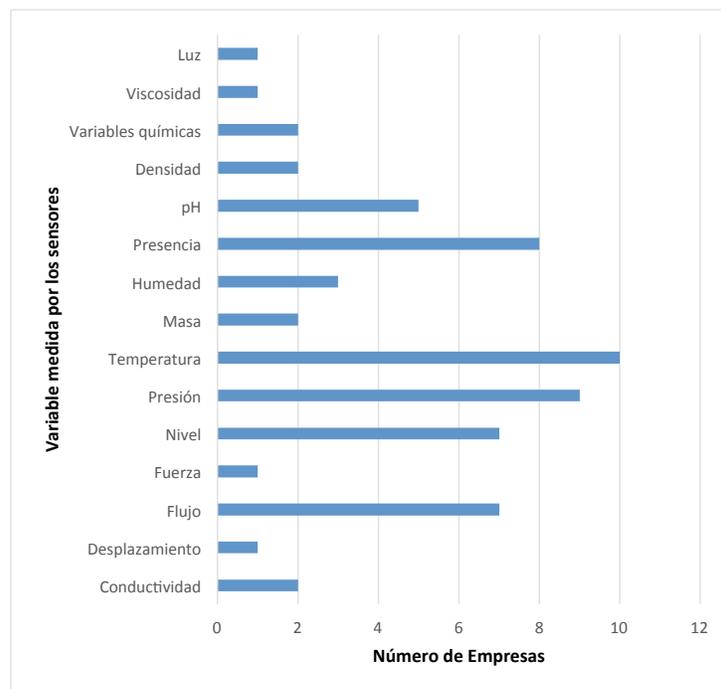


Figura 5. Número de respuestas dadas por empresas vendedoras de los sensores por variable más vendidos

Fuente: elaboración propia.

de dos aspectos fundamentales: la automatización de procesos y la incorporación de tecnología al producto mismo. Y, en términos generales, resulta más costoso comprar tecnología que desarrollarla, pero lastimosamente muchas veces se hace necesario hacerlo por falta de disponibilidad de recursos.

Colombia requiere tener empresas con alto valor agregado, de mano de obra y de ingeniería nacional, en la cual se aproveche a los tecnólogos e ingenieros de las ramas especializadas, para que aporten sus conocimientos en la creación de industrias con alto componente tecnológico.

Existe la necesidad de innovación tecnológica, diversificar productos y mantener precios competitivos y no dedicarse solamente al ensamble de productos. Sin embargo, hay una serie de paradigmas acerca de la innovación, que no permiten iniciar una inversión fuerte en tecnología, como: la seguridad que ofrece al comprar tecnología; los países avanzados son los que pueden desarrollar tecnología; el mercado nacional no es suficiente; hay deficiencia de insumos e infraestructura en Colombia; poco personal calificado; entre otros. Sin embargo, puede que sea más rápido el retorno de inversión al comprar tecnología, al no tener el conocimiento profundo del porqué de cada concepto de diseño no es posible evolucionar a largo plazo.

No obstante, como aspecto a resaltar en el transcurso del periodo entre enero y octubre de 2016, las exportaciones no mineroenergéticas representaron el 46,1 % de las exportaciones totales colombianas (Procolombia, 2016), lo que indica que se está fortaleciendo este sector a pesar de los imaginarios con los cuales hoy se trabaja.

Con respecto al área de sensórica, Colombia no tiene una trayectoria significativa en investigación en el área de la electrónica, por lo que no se ha profundizado en gran medida en el campo de los sensores. Las facultades de ingeniería electrónica nacieron a finales de la década de 1950 y mediados de la de 1960, y la actividad de los ingenieros se centraba en la operación de equipos y sistemas, mantenimiento y adopción de algunas tecnologías

(Colciencias, 1993). Y la actualización de los programas universitarios no va a la misma velocidad que la dinámica mundial de la tecnología.

Se requiere fortalecer la estandarización de los diferentes procesos de medición, por lo cual se han incorporado verdaderos sistemas de medición integrales, los cuales requieren el avance constante en procesamiento de datos, tecnología de sensores y diseño de circuitos integrados.

Sin embargo, Colombia está en crecimiento en algunos sectores, como en el de la automatización con cadenas productivas, como metalmecánica y automotriz, fibras, textiles y cementos; algunas empresas que fabrican sistemas de control, robots industriales y sistemas automáticos de almacenamiento, que dan soluciones innovadoras y exportables (Colciencias, 2000).

El Sistema Nacional de Innovación Colombiano, a su vez, ha cambiado en torno al proceso de globalización a partir de la creación de diferentes redes integradas de producción internacional, las cuales se ven identificadas por la presencia creciente de empresas multinacionales que aportan al avance en la organización de la producción y el consumo a nivel mundial; por esto, siempre se busca el funcionamiento mediante economías de escala, ventajas de la especialización y racionalización de costos. Las organizaciones, al atender sus preocupaciones competitivas y por el aprovechamiento óptimo de la tecnología en función de sus objetivos, comprenden que el mejoramiento de sus prácticas, soportadas tecnológicamente, permite aprovechar mejor los recursos y activos de la empresa (Medina, Arévalo y Rico, 2016).

De acuerdo con el *Plan estratégico del programa nacional de desarrollo tecnológico, industrial y calidad*, publicado por Colciencias (2000), se realizaron investigaciones de la prospectiva en naciones en vía de desarrollo y desarrolladas (figura 6). La informática, tecnologías de la comunicación y electrónica son las actividades prioritarias para los países seleccionados (Estados Unidos, Japón, Reino Unido, Singapur, Corea, Alemania, España e Irlanda) sobre las cuales se realizaron estudios de futuro.

Actualmente, en Colombia, sectores como el de equipos y tecnologías de comunicación y electrónica ofrecen oportunidades muy probables para el desarrollo en esta área (figura 7) de las

tecnologías de la información y la comunicación (TIC), las cuales han permitido el avance favorable en el país. Por su alta correspondencia, se dividen en dos sectores: producción de *software*, y

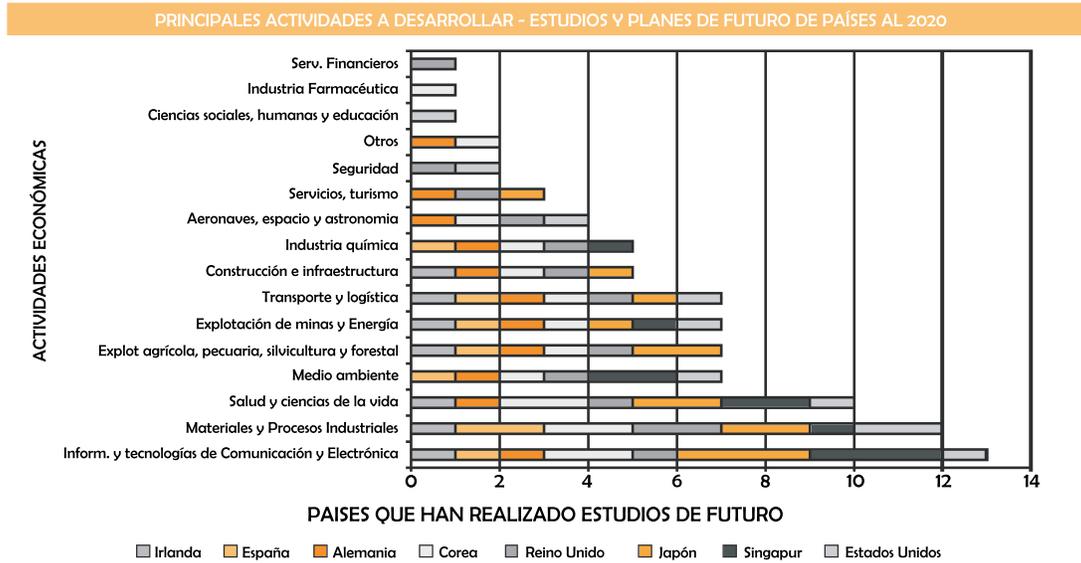


Figura 6. Principales actividades por desarrollar estudios y planes de futuro de países al 2020

Fuente: Colciencias (2000).

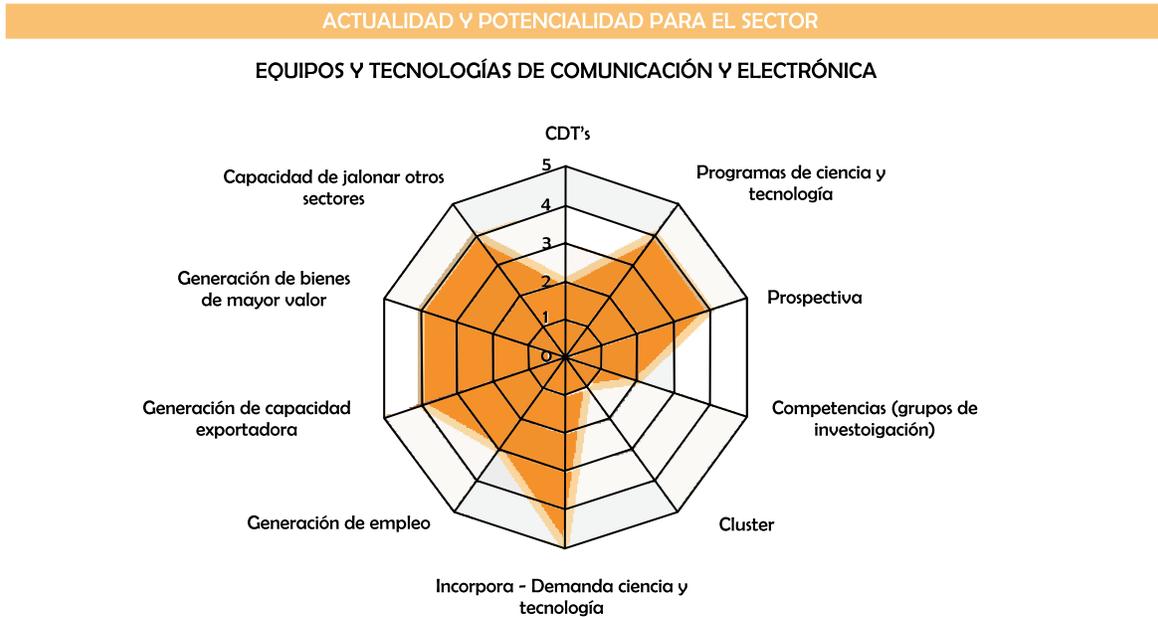


Figura 7. Actualidad y potencialidad para el sector

Fuente: Colciencias (2000).

producción de equipos y tecnologías de comunicación y electrónica. Para estos dos se concluyen capacidades en el ámbito regional, como Valle, Bogotá y Medellín, en aspectos como educación superior y capacidad empresarial.

Es importante tener en cuenta los aspectos a mejorar, entre ellos, la relación que tienen los grupos de investigación y las universidades en la construcción de asociatividad con el sector productivo, así como con los centros de desarrollo tecnológico y su fuerte capacidad de generar empleo. Este sector tiene la posibilidad de demandar ciencia y tecnología, así como incorporar valor agregado en conocimiento a los bienes y servicios, y a los procesos de otros sectores; en consecuencia, ayuda conjuntamente en el avance y progreso, además es el punto de partida para la investigación en esta área, pudiendo potencializar los procesos productivos y así crear aspectos diferenciadores para una eventual exportación.

PERSPECTIVA Y RETOS DE LA SENSÓRICA

Sin duda, uno de los elementos más complejos y críticos en las aplicaciones de medición y solución son los sensores. Hay tres parámetros críticos para

la utilización del sensor: la sensibilidad, la escala dinámica y la precisión analítica (Acosta, Suárez y Suárez, 2016), por lo cual se requerirán sensores que posean, entre otras características:

- *Ancho de banda*: valores mínimos hasta varias decenas de MHz.
- *Peso*: deben ser compactos y ligeros, así como estar hechos de materiales reciclables.
- *Precisión*: se necesita un valor que garantice una incertidumbre muy pequeña.
- *Fiabilidad*: garantía de ciclo de vida del producto por lo menos de cinco años, tal como lo reportaron las empresas encuestadas (figura 8).
- *Baja tensión*: la instrumentación futura será diseñada exclusivamente para ser conectada a sensores de baja tensión, debido a la utilización de los procesadores digitales de señales (DSP) en los instrumentos que requieran baja señal de voltaje.

Por esta razón, la industria de la electrónica, particularmente la sensórica, debe propender por fortalecer su investigación en el área de la medición y de la fabricación de instrumentos, de tal manera que se pueda apropiar la tecnología de fabricación de estos a innovar constantemente

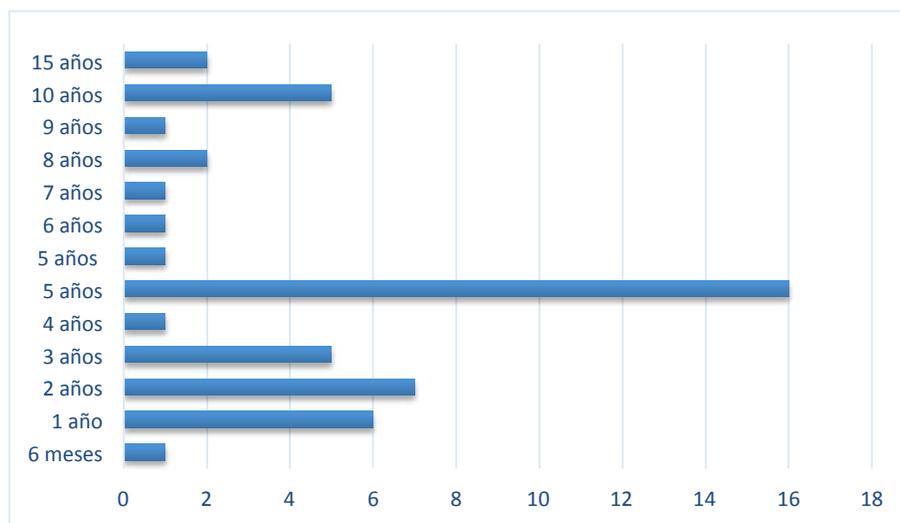


Figura 8. Vida útil esperada de los sensores

Fuente: elaboración propia.

de acuerdo con las características particulares de nuestro mercado.

CONCLUSIONES

A partir de las respuestas dadas por los compradores de sensores, se puede afirmar que la variable más presente en los procesos de medición es temperatura, seguido de presión y nivel.

Las universidades colombianas podrían superar los obstáculos para asociarse entre ellas, a través de sus docentes y a su vez con la empresa privada, para llevar a cabo una gran cantidad de proyectos necesarios de manera conjunta universidad/empresa y poder soportar la evolución de la industria y la academia de forma conjunta.

Se requiere que la empresa tenga contacto directo con la dinámica de la investigación, que esté dispuesta a innovar, al riesgo y al emprendimiento a largo plazo.

En un gran número de procesos de producción se debe tener el control de la temperatura, ya que el comportamiento de un sistema puede verse alterado con la variación de esta, razón por la cual pueden ser los sensores más requeridos en la industria.

Colombia tiene un gran potencial para instaurar industrias propias, si reconoce la importancia de invertir en investigación e innovación.

REFERENCIAS

- Acosta, M., Suárez, S. y Suárez, A. (2016). Desarrollo y ensayo de un sensor químico de fibra óptica para la medición de concentraciones de dióxido de carbono. *Tecnura*, 20(50), 29-42.
- Colciencias. (1993). *Nuevas tecnologías para la modernización*. Bogotá: Tercer Mundo Editores.
- Colciencias. (1994). *Diez casos exitosos de innovación tecnológica*. Bogotá.
- Colciencias. (2000). *Plan estratégico del programa nacional de desarrollo tecnológico industrial*. Bogotá.
- Colciencias. (2005). *Plan estratégico del programa nacional de desarrollo tecnológico, industrial y calidad*. Bogotá.
- Comisión Distrital de Ciencia, Tecnología e Innovación (2007). *Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación Bogotá D.C. 2007 a 2019*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.
- Custodio, A., Bragos, R. y Pallas, R. (1999). Sensores Inteligentes: una historia con futuro. *Ramas de estudiantes del IEEE*, 14, 13 a 18.
- De la Hoz, J., Carrillo, E. y Gómez, L. C. (2013). Memorias organizacionales en la era del almacenamiento en la nube. *Tecnura*, 18(40), 115-126. DOI: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2014.2.a09>
- Medina, Y., Arévalo, Y. y Rico, D. (2016). Alineación estratégica bajo un enfoque organizacional de gestión tecnológica: ITIL & ISO 20000. *Tecnura*, 20, 82-94.
- OMEGA (2015). *A Brief History of the Temperature Sensor*. Recuperado de https://cl.omega.com/technical-learning/pdfs/HistoryofTemperatureSensors_WhitePaper1.pdf
- Procolombia (2016). *Análisis de las exportaciones colombianas*. Bogotá: Ministerio de Industria y Comercio.
- Román, R.E. (2016). *Formulación y evaluación de proyectos industriales: creación de nuevas unidades productivas, expansión y/o mejoramiento de empresas en funcionamiento*. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Triola, M. (2013). *Estadística*. Naucalpan de Juárez: Pearson.
- Zuluaga, D. (2015). *Prospectiva tecnológica de la industria electroelectrónica de Bogotá y Cundinamarca*. Bogotá D.C.: Fondo de Publicaciones Universidad Sergio Arboleda.





Alimentos funcionales: avances de aplicación en agroindustria

Functional foods: advances of application in agroindustry

Daniela Arias Lamos¹, Laura Natalia Montaña Díaz²,
María Alejandra Velasco Sánchez³, Jader Martínez Girón⁴

Fecha de recepción: 23 de noviembre de 2017

Fecha de aceptación: 23 de marzo de 2018

Cómo citar: Arias L., D., Montaña D., L.N., Velasco S., M.A. y Martínez G., J. (2018). Alimentos funcionales: avances de aplicación en agroindustria. *Revista Tecnura*, 22(57), 55-68. DOI: <https://doi.org/10.14483/22487638.12178>

Resumen

Contexto: Se realizó un estudio acerca de los compuestos bioactivos de ciertos alimentos, teniendo en cuenta los beneficios que generan a la salud humana.

Método: En este trabajo se presenta una revisión bibliográfica de las diferentes aplicaciones de los alimentos funcionales y su aplicación en la agroindustria.

Resultados: Los malos hábitos alimenticios pueden generar un déficit en el requerimiento de compuestos bioactivos importantes para el buen funcionamiento del organismo; a su vez, la demanda y la tendencia de consumo de alimentos funcionales se hace cada vez más grande debido a los múltiples beneficios y usos potenciales que se pueden obtener de éstos, junto con las necesidades nutricionales básicas que se requieren.

Conclusiones: Se evidencia el interés por realizar nuevos estudios en la obtención de este tipo de alimentos. Para esto, se deberán incorporar nuevos ingredientes en matrices alimentarias, con el fin de preservar los compuestos bioactivos y que ejecuten su principal función: que aparte de nutrir, reduzcan

o controlen diversas enfermedades que en algunos casos pueden ser crónicas.

Palabras clave: compuestos bioactivos, prebióticos, probióticos, salud humana.

Abstract

Context: A study was made about the bioactive compounds of certain foods, while taking into account the benefits they generate to human health.

Method: This article presents a bibliographic review of the different applications of functional foods and their application in agroindustry.

Results: It was found that bad eating habits can generate a deficit in the requirement of bioactive compounds important for the proper functioning of the organism. On the other hand, the demand and the trend of consumption of functional foods is getting bigger due to the multiple benefits and potential uses that can be obtained from them, along with the basic nutritional needs they cover.

Conclusions: There is evidence of interest in conducting new studies about obtaining this type of food. For this, new ingredients should be incorporated in food matrices, in order to preserve the bioactive

1 Ingeniera agroindustrial. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Valle del Cauca, Colombia. Contacto: daariasla@unal.edu.co
2 Ingeniera agroindustrial. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Valle del Cauca, Colombia. Contacto: lnmontanod@unal.edu.co
3 Ingeniera Agroindustrial. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Valle del Cauca, Colombia. Contacto: mavelascos@unal.edu.co
4 Químico, tecnólogo en alimentos, magíster en Educación, magíster en Ingeniería Agroindustrial. Profesor de la Universidad del Valle sede Palmira y docente ocasional de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Valle del Cauca. Colombia. Contacto: jader.martinez@correounivalle.edu.co

compounds and that they perform their main function (apart from nourish): to reduce or control various diseases that may be chronic in some cases.

Keywords: *Bioactive compounds, Prebiotics, Probiotics, Human health.*

INTRODUCCIÓN

Los malos hábitos alimenticios son una consecuencia de malas prácticas de alimentación y con ello el consumo deficiente de productos que aporten a la nutrición (Salas, Salcedo y Aguilera, 2013). Dietas con bajos contenidos de nutrientes, consumo elevado de alimentos y productos procesados, así como también las famosas comidas *chatarras*, crean efectos perjudiciales sobre la salud humana (Illanes, 2015). Existe una gran variedad de investigaciones relacionadas con los efectos de la dieta y el consumo de nutrientes en el ser humano, y cómo esto se relaciona con enfermedades crónicas, debido principalmente a la falta de consumo de alimentos funcionales (Chasquibol *et al.*, 2014). Sin embargo, alrededor de la primera mitad del siglo XX, cerca de los años 1950, la buena alimentación consistió en consumir nutrientes esenciales (nutrición adecuada), mientras que años después, a finales del siglo XX, además de la alimentación adecuada, se empezó a orientar progresivamente hacia los compuestos bioactivos de los alimentos y su papel en la promoción de la salud (Trescastro y Bernabeu, 2015).

Cuando se habla de un alimento funcional quiere decir que este aporta los nutrientes básicos y que cuenta con uno o más componentes diferenciados que mejoran las funciones fisiológicas del organismo que lo consuma (Barazarte *et al.*, 2015). El desarrollo de estos alimentos se da gracias a la incorporación de estos elementos específicos o compuestos bioactivos, como prebióticos, probióticos, péptidos bioactivos, carotenoides, vitaminas, compuestos fenólicos, fitoestrógenos, ácidos grasos o lípidos estructurados en sistemas alimentarios (Boer, Urlings y Bast, 2016; Vieira,

Barreira y Oliveira, 2016;). Estos se pueden añadir de manera natural, modificarse o mejorarse, con el fin de propiciar beneficios en la salud en cuanto a desarrollo; crecimiento temprano; defensa contra el estrés oxidativo; regulación de procesos metabólicos; fisiología cardiovascular y gastrointestinal; rendimiento mental, cognitivo, físico y deportivo (Tur y Bibiloni, 2015). La producción de los alimentos funcionales va cada día en aumento a tasas del 48 % anual y con valores para el mercado mundial de alrededor de \$167.000 millones (Fuentes, Acevedo y Gelvez, 2015; Eggersdorfer y Wiss, 2018).

Esta revisión presenta algunos estudios que se han reportado sobre los compuestos bioactivos presentes en alimentos funcionales y su posible aplicación y uso, así como los beneficios que puede obtener el ser humano al consumirlos.

TIPOS DE ALIMENTOS FUNCIONALES

Prebióticos, probióticos y simbióticos

Es importante incluir en la dieta diaria alimentos ricos en prebióticos y probióticos gracias a su utilidad en la disminución del riesgo y tratamiento de diversas enfermedades gastrointestinales (Oliveira y González, 2016). La combinación de los probióticos y prebióticos en productos alimenticios como ingredientes funcionales se hace cada vez más interesante para la industria alimentaria (Cadena *et al.*, 2014). Los prebióticos son ingredientes no digestivos que forman parte de los alimentos y que benefician a la persona que lo consume, mediante la estimulación del crecimiento y de la actividad de las bacterias en el colon (Azevedo *et al.*, 2016); regulan el tránsito intestinal a la vez que favorecen

el equilibrio de la flora intestinal (Rodríguez, Giraldo y Zuluaga, 2015), y son utilizados para prevenir enfermedades como las diarreas por antibióticos, enfermedad inflamatoria intestinal, infección por *Helicobacter*, encefalopatía hepática, entre otras (Oliveira y González, 2016).

Potenciar la asociación de estos dos alimentos funcionales (prebióticos y probióticos) originan un efecto simbiótico que cumple ambas funciones (Reis *et al.*, 2016). El consumo de estos alimentos eleva el promedio de vida, así pues, la flora intestinal participa en la mejora y desarrollo del sistema inmune en la niñez; también, reduce problemáticas asociadas con el cáncer de colon en la población joven por malos hábitos alimenticios, que en muchas ocasiones se llega a un estado de estrés para el sistema digestivo (Cigarran, González y Cases, 2017; Hevia, Delgado, Sánchez y Margolles, 2015; Narbona *et al.*, 2014).

Existe evidencia sobre el efecto benéfico del yogur para la salud del huésped, pues se comporta como probiótico (Vieira, Barreira y Oliveira, 2016). Se ha investigado la viabilidad de probióticos durante la aplicación de encapsulación por liofilización para la estabilidad de cepas probióticas incorporadas en mezclas con agentes prebióticos, durante el almacenamiento de alimentos; estas técnicas protegen a los microorganismos de agentes medioambientales durante procesamiento, consumo y paso por el tracto gastrointestinal gracias a las propiedades funcionales del material de pared (Rodríguez, Giraldo y Montes, 2016; Salazar, Cortés y Montoya, 2015). Se ha estudiado la incorporación de cepas de *Lactobacillus casei* por medio de técnicas de impregnación al vacío en la estructura orgánica de la mora, y conservadas posteriormente por liofilización. Como resultado en la mezcla se evidenció una alta mejora en la viabilidad del microorganismo bajo este efecto, obteniendo así un alimento con cualidades simbióticas que le aportan beneficios a la salud (Rodríguez, Giraldo y Zuluaga, 2015). La ganadería como sector de la agroindustria ha centrado su interés

en adicionar a las dietas del ganado productos simbióticos (mezcla de levaduras, bacterias, oligosacáridos y monensina), con el fin de evaluar características de calidad de la canal, de la carne y la utilidad que estas generan (Ribeiro *et al.*, 2015).

Alimentos enriquecidos con fibra

El mercado de los alimentos enriquecidos con fibra se hace cada vez más grande, gracias a las funciones que este componente ofrece en nuestro organismo. Cabe resaltar que las fibras vegetales están compuestas principalmente por celulosa, hemicelulosa, lignina, pectinas y ceras (Suarez *et al.*, 2017), de esta manera, la fuente y el tipo de fibra puede influir en las propiedades funcionales (Rana, Gupta, Rana y Bhushan, 2015), la fibra insoluble se relaciona con reducción del estreñimiento y buen funcionamiento del colon, y la fibra soluble ayuda a la reducción del colesterol y niveles de glucosa en la sangre. La industria agroalimentaria, por su parte, ha utilizado las características fisicoquímicas de las fibras para mejorar parámetros de calidad en los productos, como: características sensoriales, textura, viscosidad y vida útil, entre otros (Blanco, León y Ribotta, 2018; Yan *et al.*, 2017).

Se evidencia la incorporación de harina de lenteja con alto contenido de fibra soluble como extensor cárnico en salchichas (Torres, González, Acevedo y Jaimes, 2016). Se han realizado aplicaciones de adición de fibras vegetales como salvado de trigo; harinas integrales multigranos, compuestas de copos de avena; grano de centeno; semillas de girasol; sésamo; linaza (Benítez *et al.*, 2018); harina tamizada de cebada y almidón resistente para elaboración de pan. Esta última le otorga buenos resultados en la calidad tecnológica del producto de panificación, también genera cambios en la etapa de formación de la mezcla o masa y características del producto en general, como consistencia, textura, comportamiento reológico y características sensoriales (Djurle, Andersson y Andersson, 2018). El estudio realizado por

Rana *et al.* (2015) para la fibra liofilizada contenida en pulpa de manzana muestra que retiene las propiedades funcionales, posee mayor capacidad de absorción de glucosa, presencia de compuestos fenólicos con acción antioxidante, de esta forma considera que la fibra dietética de frutas y en especial de la pulpa de manzana es un ingrediente funcional para productos alimenticios dietéticos.

Se ha evidenciado también, la utilización de epicarpio de frutos generados de residuos agroindustriales como fuente de fibra dietética. Okiyama, Navarro y Rodríguez (2017) expresaron los beneficios que contiene el epicarpio de cacao, el cual permite reducir y controlar niveles altos de azúcar en la sangre y de colesterol, además de mejorar los factores de riesgo de trastornos cardiometabólicos. Se sugiere que la fibra de cacao se emplee en preparaciones de galletas, pasteles o suplementos dietéticos de chocolate gracias a las propiedades similares y funcionales que tiene con la fibra de algarroba. Además, existen investigaciones sobre la incorporación de fibra dietaria obtenida de residuos de la industria de jugo de naranja (*Citrus paradisi x Citrus reticulata*) y fibra de manzana de anacardo (*Anacardium occidentale* L.) en la sustitución parcial de grasa en matrices de alimentos cárnicos (hamburguesas de pollo), en elaboración de helado y evaluación de propiedades funcionales y tecnológicas en pasta fresca (Alarcón, López y Restrepo, 2015; Crizel, Ríos, Thys y Hickmann, 2015; Guedes *et al.*, 2016). También se ha evaluado el uso potencial de epicarpio generado como subproducto en el procesamiento del mango (*Mangifera indica*) en la estimación de rendimientos, obtención de alimentos concentrados, contenidos en compuestos fenólicos totales y componentes principales en el alimento (Serna y Torres, 2015).

Ácidos grasos

Dentro de los ácidos grasos que contiene la dieta del ser humano se encuentran dos grupos, unos de ellos son esenciales para el organismo y otros

no. El ser humano tiene la dificultad de poder producir autónomamente los esenciales, por ende se suministran por medio de los alimentos siendo una buena fuente de energía, cuando hay deficiencia de este tipo de ácidos como el α -linolénico (omega 3) y el linoleico (omega 6) (Lemahieu *et al.*, 2017) ocasionan anomalías y más si se consumen ácidos saturados o trans que pueden propiciar riesgos a la salud del consumidor (Moghadasian y Shahidi, 2016).

Por ello, en los últimos tiempos las grasas poliinsaturadas (PUFA) o ácidos grasos volátiles son de gran interés puesto que se encuentran en cantidades versátiles en membranas celulares de especies mamíferas entre las más importantes están: el ácido docosahexaenoico (DHA) y el eicosapentaeoico (EPA), de la familia de omega-3, en donde los mariscos son la fuente más rica de estos componentes, mientras el ácido α -linoleico se encuentra en vegetales como aceites de semillas, hojas verdes y leguminosas (Colussi *et al.*, 2016). Estos compuestos propician una disminución en el número de personas que presentan enfermedades cardiovasculares y en aquellos que mueren por esa causa según estudios epidemiológicos de (Baker, Miles, Burdge y Yaqoob, 2016).

Rasti, Erfanian y Selemat (2017) han desarrollado una serie de evaluaciones acerca del comportamiento e influencia en la parte sensorial en productos de alto consumo como el pan y la leche con omega (ω 3) microencapsulado en forma de nanoliposomas, encontrando así un contenido de PUFA's entre (4,2-6,5 % y 5,6-5,9 %) respectivamente, logrando una alta estabilidad durante el almacenamiento sin ningún sabor desagradable mencionado por los panelistas. También se han implementado estrategias con el fin de mejorar la composición de productos lácteos con relación a la cantidad de ácidos grasos presentes. Santurino, Calvoa, Gómez y Fontechaa (2017) han elaborado un queso de cabra natural enriquecido en ácido linoleico conjugado (CLA) y omega-3, a partir de un suplemento suministrado al animal de linaza

extruida, en donde se obtuvo que el contenido de omega-3 fue 5 veces más alto que el control sin variaciones significativas en su textura y calidad sensorial durante el almacenamiento, reduciendo así el contenido de colesterol y beneficiado a personas con problemas de sobrepeso. Del mismo modo se ha sustituido mezclas de grasa comerciales por aceites vegetales o semillas oleaginosas, aceite de pescado o en combinación, agregando de esta forma un valor funcional al alimento.

Por otra parte, en la industria avícola se ha incrementado el interés de enriquecer la dieta de las aves con aceite de pescado, linaza o colza, debido al aumento de los ácidos grasos poliinsaturados que se generan en la carne. Estudios realizados han demostrado que los niveles de este tipo de ácidos incrementan, encontrando así mayores niveles de EPA y DHA de la pechuga y muslos, al igual que los niveles de ácido linoléico en donde una porción de 100 g de carne de pechuga o muslo proporcionan en promedio el 33 % y el 15,5 % respectivamente, de la ingesta diaria recomendada de EPA y DHA para los seres humanos (Konieczka, Czauderna y Smulikowska, 2017).

Compuestos fenólicos

Estos componentes constituyen al grupo de los micronutrientes presentes en el reino vegetal importantes en la dieta humana, como: fenoles, ácidos fenólicos, antocianinas, triterpenos, compuestos sulfurados, resveratrol, tioalilos, entre otros, siendo metabolitos secundarios de las plantas que poseen propiedades de gran interés. Por esta razón, han generado el interés los investigadores gracias a los beneficios a la salud, debido al poder antioxidante que poseen; con ello se busca quelar metales y captar así radicales libres causantes del envejecimiento cutáneo, además de la influencia sensorial que estos compuestos le confieren a los alimentos (López, Ortega y Lozada, 2015; Tian Y. *et al.*, 2016).

Un estudio realizado por Rius A. *et al.* (2015), acerca de la caracterización de los compuestos

fenólicos en fibras procesadas de la industria de jugo en particular frutas como: manzana, pera, melocotón, naranja, mandarina, limón y zanahoria como vegetal, identificó la concentración de alrededor de cuarenta compuestos fenólicos, tanto los ligados al epicarpio (cáscara) como a del mesocarpio (pulpa). Por otra parte, los compuestos fenólicos de las aceitunas han generado gran inquietud en los investigadores, gracias a sus aportes benéficos en la salud, trayendo consigo importancia en el consumo de aceite de oliva debido a su poder antioxidante natural, de tal forma que se estime como un ingrediente de alimentos funcionales (Deng J *et al.*, 2017). Adicionalmente, Chhouka *et al.* (2017) mencionan que los extractos de epicarpio (cáscara) de ajo contienen este tipo de compuestos con actividades antioxidantes y antibacterianas, que pueden ser relevantes en el uso de la industria alimentaria y farmacéutica.

Beretta V. *et al.* (2017) han encontrado con base a una medición de absorbancia la concentración de compuestos fenólicos como quercetina, miricetina, kaempferol, rutina, catequina, galato de epicatequina y epigalocatequina galato, en cebollas amarillas, rojas y blancas. Incluso, en la industria cafetera se ha encontrado que residuos poseen compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes en aplicaciones farmacéuticas, alimentarias y de salud (Mayanga *et al.*, 2017). Así mismo Vieira, Barreira y Oliveira (2016) identificaron dos compuestos fenólicos como ácido gálico y alfa catequina con propiedades antioxidantes y otros nutrientes en la cerveza liofilizada. Además, el extracto de levadura indica que puede ser un alimento interesante o ingrediente nutracéutico. Por tanto, su recuperación puede ser beneficiosa en términos de sostenibilidad e impacto ambiental al ser este un residuo industrial. De igual manera, dentro de los compuestos fenólicos de gran interés se encuentran los contenidos en el romero que ha mostrado actividad antiproliferativa y citotóxica con relación al cáncer colorectal (Ochoa *et al.*, 2017).

Fitoestrógenos

Las isoflavonas pertenecen al grupo de los fitoestrógenos, son compuestos bioactivos que poseen similitud estructural con los estrógenos y el consumo de estos compuestos tienen efectos positivos sobre el estado de salud (González y Durán, 2014; Markovic *et al.*, 2015). Las isoflavonas se encuentran naturalmente en los vegetales, la soya y sus derivados son la mayor fuente de estas, pero recientemente se ha mostrado interés por otras fuentes, como las lentejas, garbanzos, fríjoles, habas, guisantes, algunas semillas y frutas (Vila-Donat *et al.*, 2015).

Los primeros estudios para los fitoestrógenos se enfocaron en evitar el riesgo de contraer cáncer de mama y la potencialidad que tienen las isoflavonas como anticancerígeno; se evidenció que la administración de productos derivados de soya incide en la disminución de tumores de cáncer de mama en la menopausia, próstata, hígado, pulmón y esófago (González y Durán, 2014). Actualmente se ha demostrado que la soya tiene gran incidencia en la prevención de osteoporosis, utilizado como antioxidante y en la salud cardiovascular gracias a las proteínas e isoflavonas que esta contiene para reducir el riesgo de estas enfermedades (Carmignani, Orcesi, Costa y Pinto, 2014; Mendoza, Roa y Ahumada, 2015). Por otro lado, estudios epidemiológicos asocian que consumir cebada reduce las probabilidades de adquirir enfermedades del corazón, cáncer de colon, presión y cálculos biliares, debido a los componentes bioactivos que esta posee (flavonoides y lignanos) y la prevención que ejercen en el desarrollo de enfermedades crónicas (Idehen, Tang y Sang, 2017).

Mattioli *et al.* (2016) demostraron cómo enriquecen los compuestos bioactivos (incremento de fitoestrógenos como las isoflavonas, cumestanos y lignanos) a los huevos de gallina con suplementos de alfalfa y brotes de lino, lo que resulta en la disminución de colesterol en los huevos, destacando que estos pueden ser considerados un alimento funcional gracias a la composición que poseen. Hoy, los fitoquímicos bioactivos (flavonoides,

lignanos, vitaminas, esteroides, entre otros) de la cebada, del trigo y el centeno cumplen un papel importante en prevención de ciertas enfermedades metabólicas, de alta presión de la sangre, del colon y crónicas (Andersson, Dimberg, Åman y Landberg, 2014; Idehen, Tang y Sang, 2017).

Flavonoides

En la industria agroalimentaria se emplean antioxidantes sintéticos para inhibir la oxidación de lípidos, de los cuales se encuentran principalmente el BHA (butil-hidroxil-anisol), BHT (butil-hidroxil-tolueno), TBHQ (terc-butilhidroquinona) y PG (propil galato), que han sido las causas de enfermedades cardíacas y agentes carcinogénicos (Kunrath *et al.*, 2017). Aunque, con la intención de preservar la salud del consumidor, se ha invertido en la búsqueda de compuestos naturales con propiedades antioxidantes para sustituir a los sintéticos, en los que existen diversas alternativas de fuentes de alimentos, entre los cuales se encuentran las frutas, pero principalmente su cáscara, propóleo, cacao, entre otros (Martini *et al.*, 2017).

Cada alimento posee una actividad biológica específica dentro del organismo humano, y esto depende normalmente de su composición nutricional. Compuestos como los flavonoides tienen efectos beneficiosos contra la salud humana, como el caso de la moringa que es un vegetal importante en los países en desarrollo por su diversa gama de nutrientes que pueden combatir enfermedades como obesidad, diabetes y cáncer, ya que contienen flavonoides como: quercitina y kaempferol, en hojas, raíz, flor y el recubrimiento de la semilla (Lin, Zhang y Chen, 2018).

En el caso de alimentos ricos en compuestos polifenólicos, como miel de abejas y propóleo, esta actividad especialmente la hacen los flavonoides, que son los responsables de brindar propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas y antivirales, y también la característica antioxidante (Biluca *et al.*, 2016; Machado *et al.*, 2016; Raffa *et al.*, 2017; Rao, Krishnan, Salleh y Gan, 2016). Los

resultados de estudios aleatorios sugieren que las antocianidinas de bayas y flavanoides-3-ols de té verde y cacao pueden disminuir la existencia de enfermedades cardiovasculares y el peligro de diabetes tipo 2 (Abd Eldaim, Abd Elrasoul y Abd Elaziz, 2017), por otro lado, extractos obtenidos de hojas de Ginkgo biloba con alto contenido de flavonoides es utilizado por sus propiedades antioxidantes y como tratamiento de Alzheimer, debido a propiedades estabilizadoras de membrana neuronal (Rivadeneira-Domínguez *et al.*, 2017).

En la actualidad se conocen más de 8000 compuestos fenólicos que se clasifican como flavonoides, siendo su principal fuente de alimentos de característica funcional las frutas, verduras, semillas y flores; dentro de los alimentos consumidos con frecuencia están el té, vino, cerveza y otras bebidas de la misma derivación (Navarro, Periago y García, 2017). Estos compuestos ayudan a inhibir de forma natural la inflamación de la mucosa intestinal (Hoensch y Oertel, 2015). Según Porto *et al.* (2016), la exposición a la luz induce la producción de flavonoides en las frutas que, junto con los carotenoides, son pigmentos vegetales que protegen al organismo de los rayos UV; se encuentran, por ejemplo, en la cáscara del tomate. Kunrath *et al.* (2017) comprobaron una de las funciones principales de los flavonoides, al realizar un recubrimiento de propóleo a bajas concentraciones a un salami, y evaluar su acción antioxidante al inhibir la oxidación de lípidos presentes en este alimento. Otra investigación enfocada a los flavonoides por su acción antioxidante la hace Tenorio, (2016), quien obtiene del epicarpio de naranja (*Citrus paradisi* x *Citrus reticulata*) extractos a diferentes concentraciones de flavonoides y posteriormente lo aplica al aceite vegetal sachá inchi; así, concluye que a mayor concentración de flavonoides en el aceite, existe menor índice de peróxidos y el tiempo de vida útil aumenta (Tabaldi *et al.*, 2016; Nuñez *et al.*, 2016; Morales *et al.*, 2016).

Carotenoides

Los compuestos antioxidantes, normalmente reportados en alimentos funcionales, son capaces de inhibir o retrasar las lesiones causadas por los radicales libres, que son moléculas con uno o más electrones no emparejados que reaccionan rápidamente con diferentes blancos celulares causando daños que están asociados con enfermedades degenerativas y envejecimiento (Vizzoto *et al.*, 2017). Las reacciones de los radicales libres son compensadas por la acción de antioxidantes obtenidos a través de la dieta, como ácido ascórbico, α -tocoferol, carotenoides y polifenoles.

Los carotenoides se encuentran en la mayoría de estructuras vegetales y son los responsables de la coloración roja, amarilla y naranja. También son uno de los grupos más importantes de pigmentos naturales debido a su amplia distribución, diversidad estructural y muchas funciones medicinales por su acción antioxidante (Lourenzi *et al.*, 2016; Gómez *et al.*, 2017). Las patatas dulces tienen altos niveles de compuestos bioactivos como antocianinas y β -caroteno que se describen con propiedades antioxidantes y antimutágenas. La principal característica de los carotenoides presentes en las patatas es su actividad de provitamina A (Vizzoto *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2017). Por otra parte, Quintero *et al.* (2014) realizaron una sustitución con harina de alga (*Ulva clathrata*) rica en carotenoides en la tortilla de maíz comúnmente usada en México, con resultados positivos como agente antioxidante y además incrementó las concentraciones de fibra, proteína y minerales.

En la tabla 1 se presenta un resumen y algunos ejemplos de estudios realizados en los últimos cuatro años, sobre la aplicación de los diferentes compuestos bioactivos nombrados anteriormente con el fin de obtener alimentos funcionales.

Tabla 1. Ejemplos de estudios sobre compuestos bioactivos en alimentos funcionales con beneficios potenciales en la salud humana

Compuestos bioactivos	Ejemplos potenciales de aplicación en agroindustria	Beneficios potenciales	Referencias
Probióticos, prebióticos y simbióticos	Encapsulación por liofilización de cepas probióticas en mezclas con agentes prebióticos durante el almacenamiento de alimentos, dietas de ganado con productos simbióticos.	Regula el tránsito intestinal y equilibra la flora intestinal, reduce problemas asociados a cáncer de colon.	Rodríguez <i>et al.</i> (2015); Salazar <i>et al.</i> (2015); Olveira y González (2016).
Fibra dietaria	Adición de fibras vegetales en productos de panificación, producción de galletas, helados, alimentos cárnicos y concentrados a partir de fibra obtenida de epicarpio de vegetales.	Reducción del estreñimiento y buen funcionamiento del colon, reducción del colesterol y niveles de glucosa en la sangre.	Alarcón <i>et al.</i> (2015); Crizel (2015); Guedes <i>et al.</i> (2016); Torres <i>et al.</i> (2016); Okiyama <i>et al.</i> (2017); Benítez <i>et al.</i> (2018); Djurle <i>et al.</i> (2018).
Ácidos grasos	Enriquecimiento con omega 3 y 6 en huevo, panificación, productos cárnicos como el pollo (con ayuda del suplemento de compuestos como linaza en la alimentación de los animales), aceite en semillas, hojas de leguminosas y pescado.	Ejercen protección a nivel cardiovascular como hipertensión o isquemia como agente antiinflamatorio.	Colussi <i>et al.</i> (2016); Rasti B. <i>et al.</i> (2017); Konieczka, Czauderna y Smulikowska, (2017).
Compuestos fenólicos	Enriquecimiento de compuestos fenólicos en jugos de fruta como: manzana, pera, melocotón, naranja, mandarina, limón y zanahoria como vegetal, alto contenido en aceite de oliva, extractos de cáscara de ajo, cebollas, al igual que en el romero, moringa y en cerveza liofilizada.	Presentan un efecto antioxidante y ejercen efectos favorables sobre el perfil lipídico al igual que acción antimicrobiana.	Rius <i>et al.</i> (2015); Vieira <i>et al.</i> (2016); Deng <i>et al.</i> (2017); Chhouka <i>et al.</i> (2017); Beretta <i>et al.</i> , (2017).
Fitoestrógenos	Enriquecimiento de fitoestrógenos en huevos de gallina, alimentos derivados de soya, trigo, centeno.	Previene osteoporosis, antioxidantes, anticancerígenos, reducción riesgo enfermedades crónicas.	Mattioli <i>et al.</i> (2016); Idehen <i>et al.</i> (2017); Raheja, Girdhar, Lather y Pandita (2018).
Flavonoides	Recubrimiento con propóleo en carnes para evaluar la acción antioxidante. Aplicación de extractos de hojas y flores comestibles.	Presentan una eficacia en el control del proceso oxidativo de los lípidos, alargando el tiempo de vida útil en productos.	Biluca <i>et al.</i> (2016); Machado <i>et al.</i> (2016); Kunrath <i>et al.</i> (2017).
Carotenoides	Enriquecimiento de harina en tortillas, microencapsulación de licopeno en pasteles, curmuma en helado y yogur, carotenoides en ácidos grasos, provitamina A, enriquecimiento de <i>snack</i> , aprovechamiento de subproductos agroindustriales como colorantes y antioxidantes.	Son una importante fuente de carotenoides que tienen propiedades antioxidantes, además proporcionan beneficios en la función cognitiva, ocular y cardiovascular.	Rutz <i>et al.</i> (2016); Martínez-Girón, Figueroa-Molano y Ordóñez-Santos (2017); Eggersdorfer y Wiss (2018).

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

Este trabajo de revisión tuvo como objetivo presentar una recuperación de fuentes bibliográficas en relación con la importancia de los compuestos bioactivos presentes en alimentos funcionales

y sus diferentes aplicaciones en la agroindustria. Los resultados indicaron que cada día son más los investigadores que centran su interés en el estudio de alimentos funcionales, debido a que el consumo de alimentos que aporten al nivel nutricional y mitiguen acciones no benéficas que se producen

en los seres humanos por el consumo de alimentos poco saludables, generan un efecto crucial en la salud y originan un gran interés para el campo científico. Por este motivo, los alimentos denominados funcionales, han llamado la atención de la población mundial, debido a que presentan compuestos bioactivos como: prebióticos, probióticos, simbióticos, fibras (solubles e insolubles), ácidos grasos como el omega 3 y 6, compuestos fenólicos, fitoestrógenos, flavonoides y carotenoides; cumpliendo un papel funcional en el organismo. A partir de lo anterior surge la necesidad de enriquecer o fortificar los alimentos con estos componentes y potencializar su actividad, debido a que muchos de estos no se producen en el metabolismo humano.

REFERENCIAS

- Abd Eldaim, M.A., Abd Elrasoul, A.S. y Abd Elaziz, S.A. (2017). An aqueous extract from Moringa oleifera leaves ameliorates hepatotoxicity in alloxan-induced diabetic rats. *Biochemistry and Cell Biology*, 95, 524–530. DOI: <https://doi.org/10.1139/bcb-2016-0256>
- Alarcón, M., López, J. y Restrepo, D. (2015). Frutas co-productos agroindustriales en Colombia, sus fuentes y usos potenciales en las industrias de alimentos procesados: una revisión. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 68(2), 7729-7742.
- Andersson, A., Dimberg, L., Åman, P. y Landberg, R. (2014). Recent findings on certain bioactive components in whole grain wheat and rye. *Journal of Cereal Science*, 59(3), 294-311. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.01.003>
- Azevedo, R., Fosse, J., Pereira, S., Cardoso, L., Andrade, D. y Vidal, J. (2016). Dietary mannan oligosaccharide and Bacillus subtilis in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 38(4), 347-353. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v38i4.31360>
- Baker, J., Miles, A., Burdge, C., Yaqoob, C. (2016). Metabolism and functional effects of plant-derived omega-3 fatty acids in humans. *Progress in Lipid Research*, 64, 30-56. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2016.07.002>
- Barazarte, H., Sangronis, E., Moreno, I., Garmendia, C. y Mujica, Y. (2015). Laminados de guayaba (*Psidium guajava L.*) enriquecidos con inulina y calcio. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 65(4), 225-233.
- Benítez, V., Esteban, R., Moniz, E., Casado, N., Aguilera, Y. y Mollá, E. (2018). Breads fortified with wholegrain cereals and seeds as source of antioxidant dietary fiber and other bioactive compounds. *Journal of Cereal Science*, 82, 113-120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.06.001>
- Biluca, F. C., Braghini, F., Gonzaga, L.V., Oliveira, A.C. y Fett, R. (2016). Physicochemical profiles, minerals and bioactive compounds of stingless bee honey (*Meliponinae*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 50, 61-69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.05.007>
- Beretta, V., Bannoud, F., Insani, M., Galmarini, C. y Cavnagnaro, P. (2017). Dataset on absorption spectra and bulb concentration of phenolic compounds that may interfere with onion pyruvate determinations. *Data in Brief*, 11, 208–213. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2017.01.015>
- Blanco, M.S., León, A.E. y Ribotta, P.D. (2018). Incorporation of dietary fiber on the cookie dough. Effects on thermal properties and water availability. *Food Chemistry*, 271, 309-317. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.146>
- Boer, A., Urlings, M., Bast, A. (2016). Active ingredients leading in health claims on functional foods. *Journal of Functional Foods*, 20, 587–593. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.11.025>
- Cadena, R., Caimi, D., Jaunarena, I., Lorenzo, I., Vidal, L., Ares, G., Deliza, R. y Giménez, A. (2014). Comparison of rapid sensory characterization methodologies for the development of functional yogurts. *Food Research International*, 64, 446-455. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.07.027>
- Carmignani, L., Orcesi, A., Costa, L. y Pinto, A. (2014). The effect of soy dietary supplement and low dose of hormone therapy on main cardiovascular health biomarkers: a randomized controlled

- trial. *Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia*, 36(6), 251-258. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-720320140004976>
- Chasquibol, N., Lengua, L., Delmas, I., Rivera, D., Bazan, D., Aguirre, R., Bravo, M. (2014). Alimentos funcionales o fitoquímicos, clasificación e importancia. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 6(2), 9-20.
- Chhouka, K., Uemoria, C., Wahyudiono., Kanda, H. y Goto, M. (2017). Extraction of phenolic compounds and antioxidant activity from garlic husk using carbon dioxide expanded ethanol. *Chemical Engineering & Processing: Process Intensification. Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, 27, 191-200. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2017.03.023>
- Cigarran, S., González, E. y Cases, A. (2017). Microbiota intestinal en la enfermedad renal crónica, *Nefrología*, 37(1), 9-19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nefro.2016.05.008>
- Colussi, G., Catena, C., Novello, M., Bertin, N. y Sechi. (2016). Impact of omega-3 polyunsaturated fatty acids on vascular function and blood pressure: Relevance for cardiovascular outcomes. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, 27, 191-200. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2016.07.011>
- Crizel, T., Ríos, A., Thys, R., Hickmann, S. (2015). Efectos de la incorporación de fibra de naranja subproducto en las propiedades funcionales y tecnológicas de la pasta. *Ciencia y Tecnología de Alimentos (Campinas)*, 35(3), 546-551. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6719>
- Deng, J., Xu, Z., Xiang, C., Liu, J., Zhou, L., Li, T., Yang, Z. y Ding, C. (2017). Comparative evaluation of maceration and ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds from fresh olives. *Ultrasonics Sonochemistry*, 37, 328-334. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.01.023>
- Djurle, S., Andersson, A. y Andersson, R. (2018). Effects of baking on dietary fibre, with emphasis on β -glucan and resistant starch, in barley breads. *Journal of Cereal Science*, 79, 449-455. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.10.017>
- Eggersdorfer, M. y Wyss, A. (2018). Carotenoids in human nutrition and health. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 652, 18-26. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.abb.2018.06.001>
- Fuentes, L., Acevedo, D. y Gelvez, V. (2015). Alimentos funcionales: impacto y retos para el desarrollo y bienestar de la sociedad colombiana. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(2)- 140-149. DOI: [https://doi.org/10.18684/BSAA\(13\)140-149](https://doi.org/10.18684/BSAA(13)140-149)
- Gómez, J., Correa, A., Coutinho, K., Paiva, M., Fernandes, A., Rodriguez, V. y Stringheta, P. (2017). Beverages formulated with whey protein and added lutein. *Ciencia Rural*, 47(3), 1-7.
- González, N. y Durán, S. (2014). Isoflavonas de soya y evidencias sobre la protección cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*, 29(6), 1271-1282.
- Guedes, J., M., Salgado, R., Costa, B., Guedes, J. y Conte, C. (2016). Washed cashew apple fiber (*Anacardium occidentale L.*) as fat replacer in chicken patties. *LWT-Food Science and Technology*, 71, 268-273. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.005>
- Hevia, A., Delgado, S., Sánchez, B. y Margolles, A. (2015). Molecular players involved in the interaction between beneficial bacteria and the immune system. *Frontier in Microbiology*, 6, 1285-1290. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01285>
- Hoensch, H. y Oertel, R. (2015). The value of flavonoids for the human nutrition: Short review and perspectives. *Clinical Nutrition Experimental*, 3, 8-14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.yclnex.2015.09.001>
- Idehen, E., Tang, Y. y Sang, S. (2017). Bioactive phytochemicals in barley. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(1), 148-161. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.08.002>
- Illanes, A. (2015). Alimentos funcionales y biotecnología. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 17(1), 5-8. DOI: <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v17n1.50997>
- Konieczka, P., Czauderna, M., Smulikowska, S. (2017). The enrichment of chicken meat with omega-3 fatty acids by dietary fish oil or its mixture with rapeseed or flaxseed: Effect of feeding duration Dietary fish oil, flaxseed, and rapeseed and n-3 enriched

- broiler meat. *Animal Feed Science and Technology*, 223, 42–52. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.10.023>
- Kunrath, C., Savoldi, D., Mieski, J., Novello, C., Trindade, A., Marchi, J. y Benedetti, I. (2017). Application and evaluation of propolis, the natural antioxidant in Italian-type salami. *Brazilian Journal of Food Technology*, 20, 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.3516>
- Lemahieu, C.; Bruneel, C.; Muylaert, K.; Buyse, J. y Foubert, I. (2017). Microalgal Feed Supplementation to Enrich Eggs with Omega-3 Fatty Acids. *Egg Innovations and Strategies for Improvements*. 36, 383-391. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800879-9.00036-6>
- Lin M., Zhang J. y Chen X. (2018). Bioactive flavonoids in Moringa oleifera and their health-promoting properties. *Journal of Functional Foods*, 47, 469-479. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.06.011>
- López, L., Ortega, A. y Lozada, J. (2015). Modificaciones enzimáticas de compuestos fenólicos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 9(1), 5-14.
- Lourenzi, C., Clemente, E., Menezes, D., Martins, K. y Correia, J. (2016). Effects of 1-MCP on the post-harvest quality of the orange cv. Pera stored under refrigeration. *Ciência Agrônômica*, 47, 624-632.
- Machado, A., Mostarda, C., Irigoyen, M. y Rigatto, K. (2016). A single dose of dark chocolate increases parasympathetic modulation and heart rate variability in healthy subjects. *Nutrición Campinas*, 29, 765-773.
- Markovic, R., Baltic, M., Pavlovic, M., Glisic, M., Radulovic, S., Djordjevic, V. y Sefer, D. (2015). Isoflavones—from Biotechnology to Functional Foods. *Procedia Food Science*, 5, 176-179. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.09.050>
- Martini, D., Feliciane, G., Matias, R., Camargo, W. y Trombini, N. (2017). Seasonality on the antifungal potential of green propolis collected in Campo Grande—MS, Brazil. *Ciencia Rural*, 47(3), 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160312>
- Martínez-Girón, J., Figueroa-Molano, A.M. y Ordóñez-Santos, L.E. (2017). Effect of the addition of peach palm (*Bactris gasipaes*) peel flour on the color and sensory properties of cakes. *Food Science and Technology*, 37(3), 418-424. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-457x.14916>
- Mattioli, S., Dal Bosco, A., Martino, M., Ruggeri, S., Marconi, O., Sileoni, V., Falcinelli, B., Castellini, C. y Benincasa, P. (2016). Alfalfa and flax sprouts supplementation enriches the content of bioactive compounds and lowers the cholesterol in hen egg. *Journal of Functional Foods*, 22, 454-462. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.02.007>
- Mayanga, P., Lachaos, D., Rezende, C., Prado, J., Ma, Z., Tompsett, G., Timko, M. y Forster, T. (2017). Valorization of coffee industry residues by subcritical water hydrolysis: Recovery of sugars and phenolic compounds. *Journal of Supercritical Fluids*, 120, 75–85. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2016.10.015>
- Mendoza, D., Roa, C. y Ahumada, C. (2015). Efecto de las isoflavonas de la soja en la salud ósea de adultos y niños. *Revista Salud Uninorte*, 31(1), 138-152.
- Moghadasian, M. y Shahidi, F. (2016). Fatty Acids. Module in Biomedical Sciences. *International Encyclopedia of Public Health*, 2, 114-112.
- Morales, R., Lima, W., Guedes, J., Branco, A. y Matiazu, M. (2016). Antibacterial potential of native plants from the caatinga biome against *Staphylococcus* spp. Isolates from small ruminants with mastitis. *Revista Caatinga*, 29, 758-763. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n328rc>
- Narbona, E., Uberos, J., Armadá, M., Couce, M.L., Rodríguez, G. y Saenz, M. (2014). Grupo de Nutrición y Metabolismo Neonatal, Sociedad Española de Neonatología: recomendaciones y evidencias para la suplementación dietética con probióticos en recién nacidos de muy bajo peso al nacer. *Anales de Pediatría*, 81(6), 397-408.
- Navarro, I., Periago, M. y García, F. (2017). Estimación de la ingesta diaria de compuestos fenólicos en la población española. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 21, 320-326. DOI: <https://doi.org/10.14306/renhyd.21.4.357>
- Nunez, R., Cordero, M., Cabral, F., Marques, T., Quilty, B., Da Silva, R. y McGuinness, G. (2016). FTIR analysis and quantification of phenols and flavonoids of

- five commercially available plants extracts used in wound healing. *Matéria*, 21, 767-779. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620160003.0072>
- Ochoa, A., Linares, I., Pérez, A., Barraón, E., González, I., Arraez, D., Micol, V. y Segura A. (2017). Phenolic compounds in rosemary as potential source of bioactive compounds against colorectal cancer: In situ absorption and metabolism study. *Journal of Functional Foods*, 33, 202–210. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.03.046>
- Okiyama, D., Navarro, S. y Rodrigues, C. (2017). Cocoa shell and its compounds: Applications in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 63, 103-112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.007>
- Olveira, G. y González-Molero, I. (2016). An update on probiotics, prebiotics and symbiotics in clinical nutrition. *Endocrinología y Nutrición*, 63(9), 482-494. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.endonu.2016.07.006>
- Oliveira, L., Macedo, S., Oliveira, A., Pacheco, S., Pereira, S. y Martins, V. (2017). Avaliação do armazenamento a frio sobre os compostos bioativos e as características físico-químicas e microbiológicas do suco de umbu pasteurizado. *Brazilian Journal of Food Technology*, 20, 1-8.
- Porto J., Hojo, T., Batista, M., Pereira, N., Lacerda, O. y Quiroz, J. (2016). Quality and antioxidant activity of totamto cultivated under different sources and doses of nitrogen. *Revista Caatinga*, 29,780-788. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n401rc>
- Quintero, A., Gonzalez, G., Solano, A., Reyes, G., Villanueva, J. y Bravo, G. (2014). Caracterización de una tortilla tostada elaborada con maíz (*Zea mays*) y alga (*Ulva clathrata*) como prospecto de alimento funcional. *Journal of Community Nutrition*, 20, 22-28.
- Raheja, S., Girdhar, A., Lather, V. y Pandita, D. (2018). Biochanin A: A phytoestrogen with therapeutic potential. *Trends in Food Science & Technology*, 79, 55- 66. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.001>
- Raffa, D., Maggio, B., Raimondi, V., Plescia, F. y Daidone, G. (2017). Recent discoveries of anticancer flavonoids. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 142, 213-228. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2017.07.034>
- Rana, S., Gupta, S., Rana, A. y Bhushan, S. (2015). Functional properties, phenolic constituents and antioxidant potential of industrial apple pomace for utilization as active food ingredient. *Food Science and Human Wellness*, 4(4), 180-187. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.10.001>
- Rao, P., Krishnan, K., Salleh, N. y Gan, S. (2016). Biological and therapeutic effects of honey produced by honey bees and stingless bees: a comparative review. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 26(5), 657-664. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2016.01.012>
- Rasti, B., Erfanian, A. y Selamat, J. (2017). Novel nanoliposomal encapsulated omega-3 fatty acids and their applications in food. *Food Chemistry*, 230, 690-696. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.089>
- Reis, J., Pinheiro, M., Oti, A., Feitosa, D., Pantoja, M. y Barros, R. (2016). Technological information regarding prebiotics and probiotics nutrition versus the patent registers: what is new? *Abcd. Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva (São Paulo)*, 29(4), 279-281. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-6720201600040016>
- Ribeiro, F., Mendes, J., Francisco, C., Castilhos, A., Pariz, C. y Silva, M. (2015). Simbióticos e monensina sódica no desempenho e na qualidade da carne de novilhas mestiças Angus confinadas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50(10), 958-966. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015001000012>
- Rius, A., Eras, J., Vilaro, F., Cubero, M., Balcells, M. y Garayoa, R. (2015). Characterization of phenolic compounds in processed fibers from the juice industry. *Food Chemistry*, 172, 575–584. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.071>
- Rivadeneira-Domínguez, E., Vázquez-Luna, A., Rodríguez-Landa, J.F., Mérida-Portilla, C.V. y Díaz-Sobac, R. (2017). Efecto protector de 2 presentaciones comerciales de Ginkgo biloba sobre las alteraciones motoras inducidas por el jugo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la rata Wistar. *Neurología*,

- 32(8), 516-522. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2016.02.018>
- Rodríguez, S., Giraldo, G. y Zuluaga, Y. (2015). Evaluación de la incorporación de fibra prebiótica sobre la viabilidad de *Lactobacillus casei* impregnado en matrices de mora (*Rubus glaucus*). *Información Tecnológica*, 26(5), 25-34. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000500005>
- Rodríguez, S., Giraldo, G. y Montes, L. (2016). Encapsulación de alimentos probióticos mediante liofilización en presencia de prebióticos. *Información tecnológica*, 27(6), 135-144. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000600014>
- Rutz, J., Borges, C., Zambiasi, R., da Rosa, C. y da Silva, M. (2016). Elaboration of microparticles of carotenoids from natural and synthetic sources for applications in food. *Food Chemistry*, 202, 324-333. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.140>
- Salas, G., Salcedo, O. y Aguilera, M. (2013). Análisis de indicadores socioeconómicos y su impacto en la salud pública de Bogotá. *Revista Tecnura*, 17, 134-148.
- Salazar, B., Cortés, M. y Montoya, O. (2015). El impacto de las condiciones de almacenamiento sobre la estabilidad de la caña de azúcar en polvo biofortificados con granos de kéfir. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 68(2), 7703-7712.
- Santurino, C., Calvo, M.V., Gómez, C. y Fontecha, J. (2017). Characterization of naturally goat cheese enriched in conjugated linoleic acid and omega-3 fatty acids for human clinical trial in overweight and obese subjects. *Pharma Nutrition*, 5(1), 8-17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phanu.2016.12.001>
- Serna, L. y Torres, C. (2015). Potencial agroindustrial de cáscaras de mango (*Mangifera indica*) variedades Keitt y Tommy Atkins. *Acta Agronómica*, 64(2), 110-115. DOI: <https://doi.org/10.15446/acag.v64n2.43579>
- Suárez C., J.L., Restrepo M., J.W., Quinchía F., A. y Mercado N., F.A. (2017). Fibras vegetales colombianas como refuerzo en compuestos de matriz polimérica. *Revista Tecnura*, 21(51), 57-66. DOI: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2017.1.a04>
- Tabaldi, L., Vieira, M., Heredia, N., Nazari, A., Pilecco, M., Silva, L., Pereira, K., Cauz, L. y Lima C. (2016). Biomass yield and flavonoid and phenol content of *Schinus terebinthifolius* cultivated in single or double row with poultry litter. *Ciencia Florestal*, 26, 787-796. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509824207>
- Tenorio, M. (2016). Flavonoides extraídos de la cáscara de naranja tangelo (*Citrus reticulada* x *Citrus paradisi*) y su aplicación como antioxidante natural en el aceite vegetal sachá inchi (*Plukenetia volubilis*). *Sciencia Agropecuaria*, 7, 419-431. DOI: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.04.07>
- Tian, Y., Liimatainen, J., Alanne, A., Lindstedt, A., Liu, P., Sinkkonen, J., Kallio, H. y Yang, B. (2017). Phenolic compounds extracted by acidic aqueous ethanol from berries and leaves of different berry plants. *Food Chemistry*, 220, 266-281. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.145>
- Torres, J., González, K., Acevedo, D. y Jaimes, J. (2016). Efecto de la utilización de harina de *Lens culinaris* como extensor en las características físicas y aceptabilidad de una salchicha. *Revista Tecnura*, 20(48), 15-28. DOI: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.3.a01>
- Trescastro, E. y Bernabeu, J. (2015). Alimentos funcionales: ¿necesidad o lujo? *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 19(1), 1-3. DOI: <https://doi.org/10.14306/renhyd.19.1.153>
- Tur, J.A. y Bibiloni, M.M. (2015). Functional Foods. *Encyclopedia of Food and Health*, 1, 157-161.
- Vieira, B., Barreira, M. y Oliveira, B. (2016). Natural phytochemicals and probiotics as bioactive ingredients for functional foods: Extraction, biochemistry and protected-delivery technologies. *Trends in Food Science & Technology*, 50, 144-158. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.12.007>
- Vila-Donat, P., Caprioli, G., Maggi, F., Ricciutelli, M., Torregiani, E., Vittori, S. y Sagratini, G. (2015). Effective clean-up and ultra-high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry for isoflavone determination in legumes. *Food Chemistry*, 174, 487-494. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.047>

Vizotto, M., Dos Santos, E., Rocha, J., Cardoso, P., Lett-
nin, N., Suita, L. y Richter, A. (2017). Physicoche-
mical and antioxidant capacity analysis of colored
sweet potato genotypes: *in natura* and thermally
processed. *Ciencia Rural*, 47(4), 1-8. DOI: [https://
doi.org/10.1590/0103-8478cr20151385](https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20151385)

Yan, L., Xiong, C., Qu, H., Liu, C., Chen, W. y Zheng,
L. (2017). Non-destructive determination and vi-
sualization of insoluble and soluble dietary fi-
ber contents in fresh-cut celeries during storage
periods using hyperspectral imaging technique.
Food Chemistry, 228, 249-256. DOI: [https://doi.
org/10.1016/j.foodchem.2017.02.010](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.010)





UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

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 digitalizarse 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.xxxxxxx
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:

1. Envío del artículo acompañado de la carta de presentación y el formato de información por parte de los autores.
2. Notificación al autor de correspondencia de la recepción del artículo.
3. Verificación del tema del artículo con respecto a las áreas de interés de la revista.
4. Verificación de las normas de presentación por parte del monitor de la revista.
5. Notificación al autor de correspondencia de la evaluación de las normas de presentación.

6. Envío de las correcciones realizadas por los autores con respecto a la evaluación de las normas de presentación.
7. Envío del artículo a los árbitros seleccionados.
8. Notificación del inicio del proceso de arbitraje del artículo.
9. Notificación a los autores de la decisión tomada por el Comité Editorial y de las evaluaciones hechas por los árbitros.
10. Envío de las correcciones realizadas por los autores con respecto a las evaluaciones de los árbitros.
11. Estudio de la versión final del artículo y de las evaluaciones de los árbitros por parte del Comité Editorial.
12. Envío por parte de los autores de la carta de cesión de derechos al editor de la revista.
13. Envío de la versión con corrección de estilo y diagramada a los autores.
14. Verificación de errores y aprobación final de la versión con corrección de estilo y diagramada por parte de los autores.
15. Publicación del artículo en el número correspondiente de la revista *Tecnura*.
16. Notificación a los autores de la publicación del número de interés.
17. 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:
<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura>



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

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/mtsql/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.xxxxxxx

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:

1. Delivery of the article with the cover letter and the information format by the authors.
2. Notification to the author about the reception of the article.
3. Verification of the presentation rules by the monitor of the journal.
4. Notification to the author about the evaluation of the presentation rules.
5. Submission of corrections made by the authors related to the evaluation of presentation rules.
6. Submission of the articles to the selected arbitrators.
7. Notification of the beginning of the arbitration process of the article.
8. Notification to the authors about the decision made by the editorial committee, and about the evaluations made by the arbitrators.
9. Delivery of the corrections made by the authors with respect to the evaluations made by the arbitrators.
10. Study of the final version of the article and the evaluations of the arbitrators by the editorial committee.
11. Delivery by the authors of the letter that surrenders right to the editor of the journal.
12. Submission of the version with style corrections and diagrammed to the authors.
13. Verification of errors and final approval of the version with style corrections and diagrammed by the authors.
14. Publication of the article in the corresponding number of Tecnura journal.
15. Notification to the authors of the number of interest.
16. 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 to 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:
<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/index>



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

SUSCRIPCIÓN

Revista *Tecnura*

Nombre completo: _____

Institución u organización: _____

Factura a nombre de: _____

Dirección de envío: _____

Ciudad: _____ Departamento, Estado o provincia: _____

Código postal: _____ Apartado aéreo / P.O. Box: _____

País: _____ Correo electrónico: _____

Teléfono: _____ Fax: _____ Firma: _____

Tabla de costos de suscripción:

Región	1 Año	2 Años
Bogotá	40 000 COP	70 000 COP
Colombia	45 000 COP	80 000 COP
América Latina y el Caribe	40 USD	70 USD
Estados Unidos y Canadá	40 USD	70 USD
Otras regiones	60 USD	100 USD

Nota: los precios tanto en dólares como en pesos incluyen el valor del envío.

Diligenciar el formato de suscripción y enviarlo por correo junto con la copia del recibo de consignación a la dirección postal que aparece en el parte inferior de esta página o escaneado a los correos electrónicos tecnura.ud@correo.udistrital.edu.co y tecnura@gmail.com. La consignación nacional se realiza en el Banco de Occidente a nombre de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en la cuenta de ahorros número 230-81461-8.

Canje y suscripciones

Enviar a Ing. César Augusto García Ubaque, PhD.

Director y Editor Revista *Tecnura*

Biblioteca

Facultad Tecnológica

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Transversal 70B No. 73A - 35 sur

Teléfono: +57 - 1 - 7311542

Celular: +57 - 3153614852

Bogotá, D.C., Colombia

Correo electrónico: tecnura@udistrital.edu.co tecnura@gmail.com

Tecnura en internet: <http://tecnura.udistrital.edu.co>