

Vol 33, N° 1 (2021)

ISSN 0257-1749

e-ISSN 1390-3659

DOI: 10.37815/rte

ORCID: 000-0002-0091-0114

Un Encuentro entre las Ingenierías, Telecomunicaciones y Ciencias Sociales



Multidisciplinarietà
en la Publicación de Ciencias

latindex

e-revist@s

REDIB

Crossref

Google
Scholar

publons

EuroPub

INDEX COPERNICUS
INTERNATIONAL



Guayaquil, Ecuador
Vol. 33, N° 1 (2021)
Junio, 30

DOI: 10.37815/rte.v33n1

Autoridades Institucionales

Rectora

Cecilia Alexandra Paredes Verduga, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Vicerrector

Paúl Herrera Samaniego, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Consejo de Editores (Editorial Board)

Director General Editorial (Editor in Chief)

Nayeth I. Solórzano Alcivar, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: nsolorza@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-5642-334X

Editor Asociado (Associate Editor)

Fausto Enrique Jácome López, M.Sc.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: fjacome@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-6808-7294

Editores de Sección (Section Editors)

Miguel Eduardo Yapur Auad, M.Sc.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: myapur@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-6627-7908

Diana Llamel Rodríguez Arteaga, M.Sc.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: dirodrig@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-3715-181X

Juan Pablo Corral Fierro, M.Sc.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: jpcorral@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0003-2953-7621

International Co-Editors

Katherine Anabelle Salvador Cisneros, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: ksalvado@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0003-0414-3597

Eduardo Jordan Pérez, Ph.D.
 Griffith University, Australia
 e-mail: e.jordanperez@griffith.edu.au
 ORCID: 0000-0001-6770-7180

Consejo Científico (Advisory Board)

Carlos Teodoro Monsalve Arteaga, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: monsalve@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-9428-4360

Boris Xavier Vintimilla Burgos, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: bvintim@fiec.espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-8904-0209

Carlos Alberto Ramos Galarza, Ph.D.
 Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador
 e-mail: ps_carlosramos@hotmail.com
 ORCID: 0000-0001-5614-1994

David Enrique Matamoros Camposano, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: dmata@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0003-3470-2847

David Leonardo Sabando Vera, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: dsabando@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-5097-4653

Daynet Sosa Del Castillo, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: dasosa@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-5403-9072

Diana Carolina Coello Fiallos, Ph.D.
 Universidad Técnica de Ambato, Ecuador
 e-mail: dc.coello@uta.edu.ec
 ORCID: 0000-0003-3628-5004

Diego Fernando Avila Pesantez, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador
 e-mail: davila@epoch.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-8394-5621

Elva Patricia Reyes Díaz, Ph.D.
 Universidad Autónoma de Coahuila, México
 e-mail: elva.reyes@uadec.edu.mx
 ORCID: 0000-0002-8854-0946

Ignacio Bladimir Cerón Guerra, Ph.D.
 Escuela Politecnica Nacional, Ecuador
 e-mail: ignacio.ceron@epn.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-6373-9772

Isidro Fierro Ulloa, Ph.D.
Universidad de Especialidades Espíritu Santo,
Ecuador
e-mail: isfierro@uees.edu.ec
ORCID: 0000-0002-9000-6945

José Enrique Martínez-Pérez, Ph.D.
Instituto Universitario de Tecnología del Estado
Bolívar, Venezuela
e-mail: josenriquemartinez@gmail.com
ORCID: 0000-0003-3611-6390

Jorge Antonio Córdova Morán, Ph.D.
Universidad Estatal de Milagro, Ecuador
e-mail: joranto205@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2730-4755

Juan José Oliveira Maurera, Ph.D.
Universidad de Oriente, Venezuela
e-mail: juanjoseoli@hotmail.com
ORCID: 0000-0002-8474-5872

Juan Humberto Avellaneda Cevallos, Ph.D.
Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador
e-mail: juan_avellaneda@yahoo.com
ORCID: 0000-0002-1805-4803

Manuel Raúl Peláez Samaniego, Ph.D.
Universidad de Cuenca, Ecuador
e-mail: manuel.pelaez@ucuenca.edu.ec
ORCID: 0000-0002-7618-9474

María Del Pilar Cornejo Rodríguez, Ph.D.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: pcornejo@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0003-4198-2904

María Fernanda Calderón Vega, Ph.D.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: mafercal@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0002-5191-7527

María Genoveva Espinoza-Santeli, Ph.D.
Universidad Andina Simón Bolívar, Ecuador
e-mail: genoveva.espinoza@uasb.edu.ec
ORCID: 0000-0002-2347-9507

Paúl Cesar Carrión Mero, Ph.D.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: pcarrion@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0002-9747-7547

Raquel Miroslava Tinoco Egas, Ph.D.
Universidad Técnica de Machala, Ecuador
e-mail: raqueltinocoegas@hotmail.com
ORCID: 0000-0001-5979-8123

Stanislaus Albert-Georg Sonnenholzner, Ph.D.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: ssonnen@cenaim.espol.edu.ec
ORCID: 0000-0002-5723-3994

Consejo Internacional de Revisores del Volumen (International Reviewers Board)

Carlos David Ramos Rosas, M.Sc.
Universidad Católica los Angeles de Chimbote, Perú
e-mail: cramosr@uladech.edu.pe
Orcid:0000-0002-5868-2441

Carlos Ramos Galarza, Ph.D.
Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador
e-mail: ps_carlosramos@hotmail.com
Orcid: 0000-0001-5614-1994

Carmen Mireya Lapo Pauta, Ph.D.
Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador
e-mail: cmlapo@utpl.edu.ec
Orcid: 0000-0002-5246-083X

Cathy Pamela Guevara Vega, M.Sc.
Universidad Técnica del Norte, Ecuador
e-mail: cguevara@utn.edu.ec
Orcid: 0000-0002-2470-8287

Cristian Rodrigo Espinel López, Ph.D.
Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
e-mail: espinelopez@gmail.com
Orcid: 0000-0002-5189-6404

Darwin Leonidas Aguilar, M.Sc.
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador
e-mail: dlaguilar@espe.edu.ec
Orcid: 0000-0003-4991-4818

Diana Carolina Coello Fiallos, Ph.D.
Universidad Técnica de Ambato (UTA), Ecuador
e-mail: dc.coello@uta.edu.ec
Orcid: 0000-0003-3628-5004

Edwin Rolando Jimenez Ruiz, Ph.D.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: ejimenez@espol.edu.ec
Orcid: 0000-0001-7930-1081

Esthela Elizabeth Benítez Ramírez, M.Sc.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: ebenitez@espol.edu.ec

Franklin Quilumba, Ph.D.
Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
e-mail: quigufrale1184@yahoo.com
Orcid: 0000-0001-6326-3439

Gloria Salome Bajaña Jurado, Dra.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: gbajana@espol.edu.ec

Holger Ignacio Cevallos Ulloa, M.Sc.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: hcevallo@espol.edu.ec
Orcid: 0000-0003-0576-6710

Jonathan Salvador Paillacho Corredores, M.Sc.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: jspaila@espol.edu.ec
Orcid: 0000-0001-6489-067X

Jorge Francisco Pacheco Bajaña, M.Sc.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: jofrpach@espol.edu.ec

Mariela Reyes Lopez, M.Sc.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: mfreyes@espol.edu.ec

Mercy Julia Borbor Cordova, Dra.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: meborbor@espol.edu.ec
Orcid: 0000-0002-7418-141X

Miguel Angel Enríquez Estrella, Ing.
Universidad Estatal Amazónica, Ecuador
e-mail: miguicho1983@gmail.com

Patricia Ximena Chavez-Burbano, Ing.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: pchavez@fiec.espol.edu.ec
Orcid: 0000-0001-5169-9833

Paúl Carrión Mero, Ph.D.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: pcarrion@espol.edu.ec
Orcid: 0000-0002-9747-7547

Pedro Fabricio Zanzzi Díaz, Ph.D.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: pzanzz@espol.edu.ec
Orcid: 0000-0002-1396-6854

Silvia Mariela Mendez Prado, M.Sc.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: smendez@espol.edu.ec
Orcid: 0000-0003-2978-2424

Wendy Paulina Ruíz Bucheli, M.Sc.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: wruiz@espol.edu.ec
Orcid: 0000-0001-6268-6851

Gestión de Comunicación, Publicación y Técnica

Difusión y Comunicación

*Gerencia de Comunicación Social y Asuntos
Públicos, ESPOL*

Galo Róldos Arosemena, Ing.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Community Manager

Paola Ulloa López, Ph.D.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Diseño, Diagramación y Portada

Kleber José Avelino Mosquera
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Informática

Contacto Soporte Técnico

Kleber José Avelino Mosquera
rte@espol.edu.ec
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Indexadores / Directorios



e-revist@s

REDIB | Red Iberoamericana
de Innovación y Conocimiento Científico



INDEX COPERNICUS
INTERNATIONAL

Identificadores



Sobre la revista

La **Revista Tecnológica ESPOL - RTE** es publicación digital, a la que se puede acceder de forma abierta y gratuita desde su sitio web <http://www.rte.espol.edu.ec>. Se encuentra registrada en varios indexadores y directorios de bases de datos y cuenta con un proceso de evaluación continua de nuevas formas de indexación que permiten dar mayor visibilidad a los artículos publicados y a sus autores.

RTE presenta llamadas programadas para envío de artículos a través de la plataforma Open Journal System, garantizando como mínimo la publicación de dos volúmenes al año. Sin embargo, cada año se producen y garantiza volúmenes adicionales sobre una temática específica (como un Monográfico o Dossier) o ediciones especiales relacionadas a un evento científico o tecnológico, que recogen artículos o ponencias revisadas y aceptadas por pares ciegos antes de su publicación.

Editorial

Nos complace presentarles el Volumen 33, N.º 1 de La Revista Tecnológica ESPOL – RTE. Durante sus 44 años de trayectoria, esta publicación se ha empeñado en fortalecer la investigación formativa universitaria y en brindar un espacio con proyección y reconocimiento internacional a los investigadores de todas las áreas del conocimiento. Esto ha permitido a nuestra revista consolidarse como un referente fundamental en materia de promoción y difusión de la investigación científico-técnica dentro del ámbito académico.

En este nuevo número se presentan 10 artículos, de autores nacionales y extranjeros, que nos brindan un amplio y variado repertorio de aplicaciones prácticas, estudios exploratorios, análisis o revisión de literatura en torno a temas científicos y tecnológicos de actualidad. Entre los tópicos abordados tenemos aquellos relacionados con el sector energético y el de alimentos, así como con las TIC y la educación superior, la violencia de género y los impactos de la pandemia del COVID-19 en el sector económico. Los artículos que ofrecemos en este número son el resultado de novedosas y originales investigaciones académicas, que, sin duda, incentivarán el trabajo de futuros investigadores. Para finalizar, no podemos dejar de agradecer a los investigadores de diferentes instituciones de educación superior sin cuyo aporte esta publicación no habría sido posible.

Bienvenidos y disfruten el contenido de este nuevo volumen.

Reciban un afectuoso saludo,

Nayeth I. Solórzano Alcivar, Ph.D.
Director General Editorial (Editor in Chief)
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
ORCID: 0000-0002-5642-334X

INGENIERÍA EN POTENCIA Y TELECOMUNICACIONES

- 13 *Análisis Hidrológico de la Cuenca Rocafuerte para Estimar el Potencial Hídrico de la Zona*
- 21 *Aprovechamiento de Sistemas de Almacenamiento Energético Mediante Baterías para la Mitigación de Desequilibrios en Microrredes Eléctricas*
- 39 *Reacción al Fuego de Tres Maderas Angiospermas Impregnadas con Sales de Boro*
- 53 *Modelo de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para Plataformas de Telecomunicaciones y Transmisión de Datos*

INGENIERÍA EN ALIMENTOS

- 77 *Elaboración de una Pasta Emulsionada de Cáscara de Chontaduro (*Bactris gasipaes*)*
- 89 *Evaluación Físicoquímica y Microbiológica de una Conserva de Flor de Cabuya Negra (*Agave Americana*) con Diferentes Niveles de Ácido Acético en el Líquido de Cobertura*
- 97 *Análisis Sensorial como una Herramienta Clave para Innovar en la Industria Vinícola*

CIENCIAS SOCIALES

- 111 *Trasmisión de Volatilidad del COVID-19 a los Precios de Acciones del Sector Bancario e Industrial de Sudamérica, México y Estados Unidos*
- 133 *Percepción de los Roles de Pareja en lo Laboral y Doméstico como Resultado de las Diferencias de Género*
- 145 *Smart UNL: un Concepto de Universidad Inteligente*

Ingeniería en Potencia y Telecomunicaciones

RTE

Análisis Hidrológico de la Cuenca Rocafuerte para Estimar el Potencial Hídrico de la Zona

Hydrological Analysis of the Rocafuerte Basin to Estimate the Hydraulic Potential of the Area

Jorge Mendoza Cedeño¹ <https://orcid.org/0000-0002-1668-9194>
Antonio Campos Cedeño² <https://orcid.org/0000-0003-4266-5169>

¹ Instituto de Posgrado, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador
jmendoza9543@utm.edu.ec

² Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas-UTM, Portoviejo, Ecuador
acampos@utm.edu.ec

Enviado: 2020/11/04
Aceptado: 2021/01/04
Publicado: 2021/06/30

Resumen

El cantón Rocafuerte, fundado en el año 1852, es una localidad ubicada en la zona central oeste de la provincia de Manabí. Su principal actividad económica se desarrolla en los ámbitos de la agricultura, ganadería y producción artesanal de dulces, que tienen mucha acogida a nivel nacional e internacional. Uno de los principales problemas de la zona que inciden en su normalidad es el déficit de agua durante los periodos de estiaje, que se presenta, por lo general, entre los meses de junio y noviembre de cada año. Este artículo realiza una valoración del recurso hídrico que se genera en la cuenca donde está asentado el cantón Rocafuerte; esta valoración constituye una información básica para el control, optimización de obras y proyectos tendientes al manejo y uso de dicho recurso. Para el análisis se utilizaron métodos estadísticos y probabilísticos sobre los registros de precipitaciones mensuales que genera el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI). Entre estos métodos se destacan el registro de datos mediante el método de correlación ortogonal; el análisis de consistencia y de variabilidad; la estimación de la precipitación media multianual; la aplicación del método del Servicio de Conservación de Suelos de los E.E.U.U. (SCS) para el cálculo de la escorrentía y la distribución media mensual multianual de la precipitación. Las estaciones meteorológicas que se consideraron dentro del área de estudio fueron 4: Estación Rocafuerte (M165), Portoviejo (M005), Río Chico (M454) y Junín (M462).

Palabras clave: hidrología, precipitaciones mensuales, valoración de la escorrentía, método SCS.

Sumario: 1 Introducción, 2 Materiales y Métodos, 3 Resultados y Discusión, 4 Conclusiones.

Como citar: Mendoza, J., & Campos, A. (2021). Análisis Hidrológico de la Cuenca Rocafuerte para Estimar el Potencial Hídrico de la Zona. *Revista Tecnológica - Espol*, 33(1), 10-17.
<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/783>

Abstract

The Rocafuerte canton, founded in 1852, is a town in the province of Manabí in the central west territory. Its main economic activity is carried out in the fields of agriculture, livestock, and artisanal production of sweets, which are well received nationally and internationally. One of the main problems in the area that affects normality, is the water deficit during the low water periods, usually between the months of June to November. This work contains an assessment of the water resource that is generated in the basin where the Rocafuerte canton is located and that constitutes basic information for the control, optimization of works and projects aimed at the management and use of that resource. For the analysis, statistical and probabilistic methods were used in the management of the monthly rainfall records provided by the National Institute of Meteorology and Hydrology of Ecuador (INAMHI, acronym in Spanish), among which the following stand out: data filling using the orthogonal correlation method, analysis of consistency and variability, estimation of multi-year average precipitation, application of the US Soil Conservation Service (SCS) method to calculate runoff and the multi-year monthly average distribution of precipitation. The meteorological stations in this study were 4, namely: Rocafuerte station (M165), Portoviejo (M005), Rio Chico (M454), and Junín (M462).

Keywords: Hydrology, monthly precipitation, runoff assessment, SCS method.

1. Introducción

Los estudios más recientes relacionados con la determinación del potencial hídrico de la Demarcación Hidrográfica de Manabí, que incluye a la zona de Rocafuerte, fueron realizados en 1990 por instituciones de desarrollo, como el Centro de Rehabilitación de Manabí (CRM), la Organización de Estados Americanos (OEA) y la Corporación Ultramar de Japón (JICA). El resultado de estos estudios se publicó en el Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de Manabí (PHIMA) (Centro de Rehabilitación de Manabí et al., 1989), que se ha constituido en la principal guía para quienes se dedican a realizar investigaciones y estudios sobre la optimización y el aprovechamiento de los recursos hídricos de Manabí.

Han transcurrido 30 años desde esa fecha sin que se haya actualizado dicha información. Esta investigación no solo constituye una actualización, sino que profundiza en aspectos relevantes encaminados a determinar el potencial hídrico de la zona, información preponderante dentro del marco de la planificación y el uso del recurso hídrico.

Territorialmente, la República del Ecuador se encuentra dividida en 24 provincias, de las cuales 7 pertenecen a la región Costa y, entre ellas, se cuenta la denominada provincia de Manabí, que tiene una extensión aproximada de 19 mil km², lo cual representa un 6.64 % de todo el territorio nacional. A su vez, la provincia de Manabí está formada por 22 cantones.

De todas las provincias del país, la más deficitaria en lo que a recursos hídricos se refiere es la provincia de Manabí, debido a que la divisoria de la cuenca interviene como una barrera que evita el acceso a la provincia de aguas superficiales, provenientes del deshielo de la Cordillera de los Andes. Esta situación ha conllevado a la identificación e implementación de proyectos tendientes al almacenamiento del agua producida en la estación de lluvias, para su posterior uso en épocas de sequías. Uno de los proyectos (Horton, 1945) que se encuentra en ejecución desde los años 70 es el Proyecto Integrado Chone-Portoviejo, que atiende a las necesidades hídricas, tanto para riego como para consumo humano, de la zona central de la provincia de Manabí.

Esta investigación, que tiene por objeto central valorar la precipitación y escorrentía de la cuenca en la que se encuentra asentada la parroquia Rocafuerte, constituye un aporte a la solución del problema del déficit de agua existente en la zona. Los afluentes tributarios a esta cuenca, a la que la Secretaría del Agua ha codificado como la unidad hidrológica "15142", tiene como afluentes a los esteros El Guanábano, La Papaya y Ojo de Agua, que tienen su desembocadura en el río Bachillero, el que, a su vez, confluye en el río Portoviejo, próximo al océano Pacífico.

Este trabajo se ofrece como insumo a las instituciones encargadas del desarrollo nacional encargadas del desarrollo nacional, el control y la optimización de los recursos hídricos existentes.

2. Materiales y Métodos

Los aspectos metodológicos más relevantes en el presente trabajo contemplan: 1) Selección de las estaciones meteorológicas del Ecuador (INAMHI, 2015; Secretaría de Gestión de Riesgos, 2014); 2) Recolección de registros de precipitaciones mensuales; 3) Análisis de consistencia de datos (Rusticucci y Barrucand, 2001); 4) Registro de datos faltantes en las series (Romero y Casimiro, 2015); 5) Análisis de variabilidad (Valinova, 2016); 6) Estimación de la precipitación media multianual (Campos et al., 2015); 7) Valoración del volumen de agua por precipitación; 8) Estimación de la precipitación de la cuenca (Chow, 1988; Verdú et al., 2006); 9) Estimación de la escorrentía en la cuenca (ARES et al., 2012) y 10) Distribución mensual de la precipitación media.

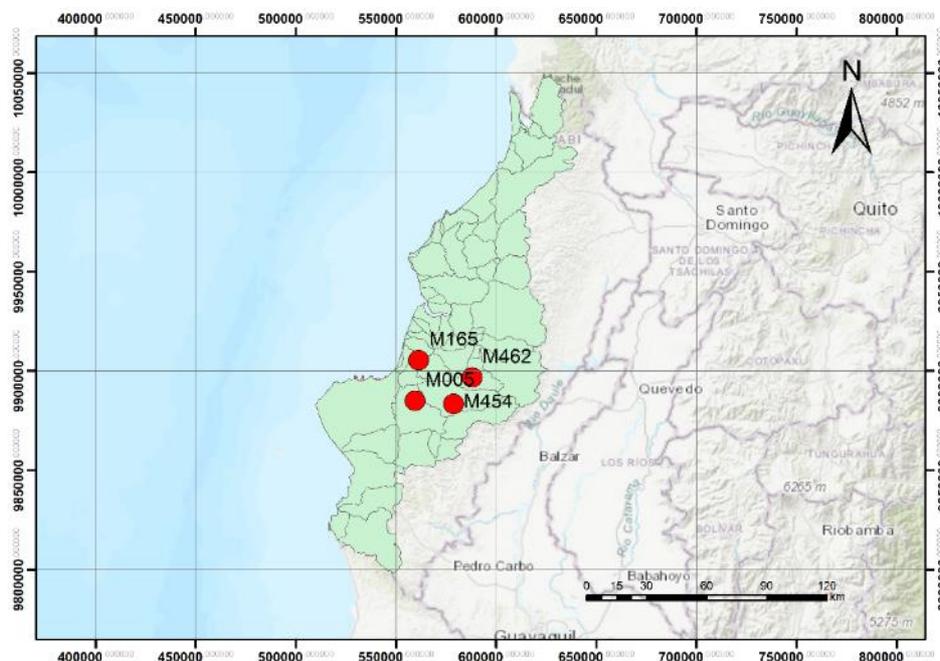
La información básica recabada para el análisis y desarrollo de la investigación está compuesta de los registros pluviométricos de precipitaciones mensuales tomados de las estaciones meteorológicas Rocafuerte (M165), Portoviejo (M005), Río Chico (M454), Junín (M462). Dicha información fue proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). El total de registros por estación correspondiente a la precipitación mensual para el periodo de análisis 1963-2017 fue de 660 lo que sumó un total de 2640 registros entre las 4 estaciones.

Las estaciones meteorológicas del estudio se encuentran localizadas en los límites de la Unidad Hidrológica de la Demarcación Hidrográfica de Manabí, identificada con el código Pfafstetter “15142”.

En la Figura 1 se presenta la ubicación geográfica de las mencionadas estaciones, ubicadas entre las coordenadas UTM WGS84 y el cuadrante 17S.

Figura 1

Localización de las estaciones meteorológicas del estudio



Previo al desarrollo de la investigación, se procedió a escoger los registros y a analizar su consistencia y variabilidad. Para la selección de las estaciones se utilizaron los polígonos de Thiessen (Campos A.F. y Sinichenko E.K., 2017). Para el análisis de consistencia se elaboraron las curvas de masa. El análisis de variabilidad se sustentó con el cálculo de coeficiente de variación a partir de la fórmula:

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

Donde:

- C_v - Coeficiente de variación,
- σ - Desviación estándar,
- \bar{x} - Media aritmética.

Se ha establecido que, si el coeficiente de variación es inferior a 0.30, se considera a la serie uniforme (Valinova, 2016).

La precipitación media multianual de la cuenca se la determina con la siguiente expresión:

$$P_{mma} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Donde:

- P_{mma} - Precipitación media multianual de la cuenca, [mm]
- P_i - Precipitación media multianual de cada microcuenca, [mm]
- A_i - Área de cada microcuenca, [km²]
- n - Cantidad de microcuencas

El volumen de agua, resultado de la precipitación total, se lo obtiene de la precipitación media multianual de la cuenca por su respectiva área.

La escorrentía se la estimó mediante el modelo hidrológico precipitación-escorrentía propuesto por el Servicio de Conservación de Suelo de los EE. UU. (SCS) (Department of Agriculture United States, 2015), llamado hoy Servicio de Conservación de Recursos Naturales (Natural Resources Conservation Service –NRCS). Este método requiere la aplicación de las siguientes formulas:

$$Q_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Donde:

- Q_e - Escorrentía efectiva, [mm]
- P - Precipitación total, [mm]
- S - Diferencia potencial máxima entre P y Q, [mm]

$$S = 25400/CN \quad (4)$$

Donde:

- CN - Numero de curva, en función del tipo de suelo, usos y cobertura vegetal (Cedeno et al., 2019).

Por el hecho de que la zona de estudio se encuentra ubicada en la zona ecuatorial, el clima con el que se cuenta es de carácter tropical, lo que determina que fundamentalmente existan en el año dos periodos climáticos, denominados comúnmente como lluvioso y seco. El periodo lluvioso, por lo general, se inicia en diciembre y termina en junio, mientras que el seco predomina en los meses restantes (julio-noviembre). Esta situación contribuye a la existencia de una irregular y desproporcionada distribución de las precipitaciones a lo largo del año. Para poder tener un panorama del comportamiento medio de las precipitaciones mensuales multianuales se determinaron las medias aritméticas de cada mes para la serie de datos ponderada.

3. Resultados y Discusión

Las estaciones meteorológicas escogidas para el análisis hidrológico son aquellas que corresponden a los polígonos de Thiessen, en los que se encuentra enmarcada el área de estudio. Dichas estaciones son Rocafuerte (M165), Portoviejo (M005), Río Chico en Alajuela (M454) y Junín (M462).

El total del área de la cuenca estudiada asciende a 146.74 km². Dicha área está constituida por 4 sectores, de los cuales la mayoría pertenece a la estación Rocafuerte, con una superficie de 119.12 km².

Para las estaciones seleccionadas se obtuvieron del INAMHI los registros mensuales de precipitación para el periodo 1963-2017. Para cada estación se contó con, aproximadamente, 600 registros.

Previo a registro de datos faltantes, que se lo hizo mediante el método de correlación ortogonal, se llevó a cabo el respectivo análisis de consistencia, mediante el cual se llegó a determinar la existencia de la correlación de los registros escogidos. Esta tarea se la ejecutó mediante la elaboración de las curvas de masa.

Para el análisis de variabilidad, los registros de cada estación fueron sometidos al cálculo del coeficiente de variación, obteniéndose los valores de: 0.62, 0.65, 0.49 y 0.54 para las estaciones de Portoviejo, Rocafuerte, Río Chico y Junín, respectivamente. El hecho de haber obtenido valores de coeficiente de variación superiores a 0.30 indica una distribución no uniforme de los registros.

Considerando que el área total de la cuenca es igual a 146.74 km² y que la precipitación media multianual ha sido estimada en 556,55 mm, el volumen medio multianual producido por las precipitaciones ha sido valorado en 81.67 hm³. La precipitación media multianual de la cuenca alcanzó 556.55 mm. En la Tabla 1 se presentan los resultados parciales por microcuencas.

Tabla 1

Precipitación media multianual de la cuenca

Estación	Código	Área [km ²]	Precipitación [mm]	P*A
Portoviejo-UTM	M005	0.13	527.79	70.14
Rocafuerte	M165	119.12	454.58	54149.14
Río Chico	M454	7.72	862.76	6660.48
Junín	M462	19.77	1051.59	20789.88
Σ		146.74		81669.64
		P_{mma} =	556.55	mm

Fuente: Elaboración propia

Sobre la base de los mapas de suelo y cobertura vegetal del Ecuador, desarrollados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y el Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN), se obtuvo el mapa de los números de curvas para el territorio ecuatoriano, insumo fundamental para la estimación de la escorrentía, de conformidad con la metodología de U.S. Soil Conservation Service (Campos A.F. & Sinichenko E.K., 2017). La capa por escorrentía anual determinada por el método SCS se la ha estimado en 2631.09 mm. Por otro lado, el valor del número de curva medio, de conformidad con el mapa elaborado para la zona, resultó ser igual a 81, con lo cual se obtuvo que la escorrentía anual de la cuenca está por el orden de 72.11 hm³, lo cual constituye 87.8 % del total de precipitaciones.

En la Tabla 2 se condensan los resultados parciales y totales de la escorrentía de la cuenca del río Rocafuerte.

Para cada una de las estaciones se determinó el porcentaje multianual respecto al total medio, y, luego, con la ayuda de las respectivas áreas, se llegó a establecer valores ponderados para la cuenca en general. La Tabla 3 contiene los porcentajes parciales calculados.

De la Tabla 3, en función de los valores ponderados, se desprende que la mayor concentración de precipitación se da en el mes de febrero, con un porcentaje equivalente al 28.18 %, mientras que el valor más deficitario del recurso hídrico se dio en el mes de octubre, con un valor de 0.53 %.

Tabla 2

Escorrentía de la cuenca

Estación	Código	Prep. [mm]	Área [km ²]	CN	S	Qe [mm]	Vesc [hm ²]
Portoviejo	M005	527.79	0.13	81.00	59.58	462.46	0.06
Rocafuerte	M165	454.58	119.12	81.00	59.58	390.15	46.47
Rio Chico	M454	862.76	7.72	81.00	59.58	795.16	6.14
Junín	M462	1051.59	19.77	81.00	59.58	983.32	19.44
Σ						2631.09	72.11

Fuente: Elaboración propia

Del análisis se desprende también que existe una gran desproporción en la distribución de la precipitación por periodos climáticos, ya que en la estación lluviosa (diciembre a junio) se concentra el 93.52 % del total anual, mientras que en la estación seca (julio a noviembre) su porcentaje llega al 6.48 %.

Tabla 3

Distribución porcentual mensual de la precipitación por microcuencas

CÓDIGO	AREA [km ²]	[Porcentaje respecto al total]											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
M005	0.13	17.95	25.31	25.07	13.68	6.04	3.25	1.39	0.52	0.68	0.58	1.17	4.36
M165	119.1	17.79	28.69	23.59	13.38	6.15	2.29	1.26	0.74	0.61	0.48	1.05	3.98
M454	7.72	16.65	25.14	22.50	16.32	7.11	3.16	1.25	0.82	0.85	1.01	1.17	4.03
M462	19.77	17.65	26.32	23.79	15.98	5.93	2.00	1.43	0.69	0.38	0.65	1.01	4.16
Valores Ponderados		17.71	28.18	23.57	13.89	6.17	2.29	1.28	0.74	0.59	0.53	1.05	4.00

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4 se indican los valores generales obtenidos en el análisis de la distribución media multianual mensual de las precipitaciones.

Tabla 4

Distribución mensual de la precipitación media multianual

Mes	Precipitación		Estación	Precipitación total	
	[%]	[mm]		[mm]	[%]
Diciembre	4.00	22.28	lluviosa	520.46	93.52
Enero	17.71	98.58			
Febrero	28.18	156.82			
Marzo	23.57	131.15			
Abril	13.89	77.30			
Mayo	6.17	34.32			
Junio	2.29	12.77	seca	36.09	6.48
Julio	1.28	7.12			
Agosto	0.74	4.11			
Septiembre	0.59	3.30			
Octubre	0.53	2.95			
Noviembre	1.05	5.84			
Σ	100.00	556.55		556.55	100.00

Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones

La escorrentía superficial que se produce en la cuenca de la unidad hidrológica “15142” se ha estimado que asciende a los 72.11 hm³ anuales; este cálculo se obtuvo restándole a la precipitación total el valor correspondiente a la filtración de conformidad con el tipo de suelo, cobertura vegetal y uso del territorio de la zona.

La precipitación total media multianual, obtenida del análisis de los registros pluviométricos mensuales para el periodo 1963-2017, fue estimada en 81.67hm³.

Se llegó a establecer en términos generales que existe una gran variabilidad en la distribución mensual de las precipitaciones. En el mes de febrero alcanza su valor máximo, 28 %, y, en octubre, su valor mínimo, 0.53 %.

Tanto para los periodos lluvioso y seco se determinó la tasa de acumulación de la precipitación, llegando a la conclusión de que el 93.52 % se acumula en la temporada lluviosa (diciembre-junio), mientras que, para el periodo de estiaje que se presenta entre los meses de julio a noviembre, el aporte baja considerable a niveles estimados en 6.48 %.

La población del cantón Rocafuerte, estimada en el último censo poblacional del año 2010, llevado a cabo por el Instituto Nacional de Estadística y Censos del Ecuador (INEC, 2020), alcanzó la suma de 33736 habitantes, con una tasa de crecimiento equivalente al 1.1 %. Con la ayuda de estos datos se estimó una población futura de 52256 habitantes en el año 2050. Por otro lado, teniendo en consideración la incorporación al riego de 1500 ha, según las proyecciones que se ha realizado a partir de los datos oficiales, y estableciendo una norma media de riego equivalente al 1.77 l/s/ha, de manera general, se llegó a identificar los volúmenes anuales de agua que se requerirían para cubrir estas necesidades vitales de consumo humano y riego. La cifra estimada necesarias para esta última actividad asciende a la cantidad de 27.53 hm³.

Comparando la oferta hídrica obtenida (72.11 hm³) con la demanda (27.53 hm³) se concluye que los recursos hídricos anuales que se producen en la cuenca “15142” resultan ser suficientes para el desarrollo productivo de la zona, para lo cual, por supuesto, se requiere proyectar y construir las obras requeridas de regulación y almacenamiento del agua durante el periodo lluvioso para, luego, emplearlas durante la estación de estiaje.

Referencias

- ARES, G., Chagas, C., & Varni, M. J. C. d. s. (2012). Predicción de la Escorrentía y Estimación de la Humedad Antecedente en una Cuenca Aforada. 30(2).
- Campos A.F., & Sinichenko E.K. (2017). *Características de Sistemas Fluviales Pequeños y Recursos Hídricos de la Demarcación Hidrográfica de Manabí, Perspectivas de Desarrollo*. Universidad de la Amistad de los Pueblos de Rusia.
- Campos, A. F., Sinichenko, E. K., & Gritsuk, I. I. (2015). Modelo matemático para la determinación de las precipitaciones medias anuales con la ayuda de rasters y otros elementos GIS. *VESTNIK № 3 - Peoples' Friendship University of Russia*, 9.
- Cedeno, A. F. C., Guillen, P. A. S., Ramos, J. L. M., Sinichenko, E. K., & Gritsuk, I. I. (2019). Estimation of the runoff of the hills of the city of Portoviejo Ecuador to assess the degree of flooding in the region. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,
- Centro de Rehabilitacion de Manabí, INERHI, CONADE, & OEA. (1989). *Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Manabí (PHIMA)* (Vol. Resumen Ejecutivo). Centro de Rehabilitación de Manabí.
- Chow, V. T. (1988). *Applied Hydrology*. University of Illinois.

- Ecuador (INAMHI), I. N. d. M. e. H. d. (2015). *Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación*. INAMHI.
- Horton, R. E. (1945). *Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology*. Geological Society of America.
- Romero, A. E. L., & Casimiro, W. S. L. J. R. T.-E. (2015). Evaluación de métodos hidrológicos para la completación de datos faltantes de precipitación en estaciones de la cuenta Jetepeque, Perú. *28*(3).
- Rusticucci, M., & Barrucand, M. J. M. (2001). Climatología de temperaturas extremas en la Argentina. Consistencia de datos. Relación entre la temperatura media estacional y la ocurrencia de días extremos. *26*, 69-84.
- Secretaría de Gestión de Riesgos. (2014). *Anuarios Meteorológicos*. Retrieved 19.11.2014 from <http://186.42.174.231/index.php/clima/anuarios-meteorologicos>
- Valinova, V. S. (2016). *Coefficiente de variación y coeficiente de determinación*. Retrieved 15.05.2016 from <http://univer-nn.ru/statistika/koefficient-variacii/>
- Verdú, J. M., Batalla, R. J., & Martínez Casasnovas, J. A. J. I. d. a. (2006). Estudio hidrológico de la cuenca del río Isábena (Cuenca del Ebro). I: Variabilidad de la precipitación. *13*(4), 321-330.

Aprovechamiento de Sistemas de Almacenamiento Energético Mediante Baterías para la Mitigación de Desequilibrios en Microrredes Eléctricas

Use of Battery Energy Storage System to Mitigate Unbalances in Microgrids

Danny Ochoa Correa¹ <https://orcid.org/0000-0001-5633-1480>

¹ Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador
danny.ochoac@ucuenca.edu.ec

Enviado: 2021/01/07
Aceptado: 2021/02/04
Publicado: 2021/06/30

Resumen

La proliferación de cargas monofásicas en los sistemas de distribución eléctrica y su naturaleza asimétrica en su operación en tiempo real es la principal causa de desequilibrios de tensión y de corriente en microrredes eléctricas y en sistemas eléctricos débiles y aislados. Según la severidad del desequilibrio, esta condición podría comprometer el normal funcionamiento de los distintos componentes del sistema, reducir su eficiencia, perjudicar su vida útil y, por último, degradar la calidad del suministro eléctrico. En este artículo se propone una estrategia de control concebida para facultar a los convertidores electrónicos de potencia asociados a los sistemas de almacenamiento energético en baterías (BESS) la realización de labores de mitigación del desequilibrio introducido por la carga trifásica asimétrica en determinados puntos del sistema. La propuesta se basa en la teoría de las componentes simétricas instantáneas, que está diseñada para su implementación en los esquemas de control convencionales incorporados en la electrónica del BESS. La efectividad de la propuesta es evaluada a partir de un sistema eléctrico de pruebas implementado en MATLAB/Simulink. Los resultados obtenidos confirman el correcto desempeño de la estrategia de control y permiten verificar el cumplimiento de las hipótesis de investigación.

Palabras clave: microrred, sistema de almacenamiento energético en baterías, desequilibrio de tensión, componentes simétricas instantáneas, convertidor electrónico de potencia.

Abstract

The massive presence of single-phase loads in electrical distribution systems and their asymmetric nature in real-time operation is the leading cause of voltage and current unbalances in microgrids and weak isolated power systems. Depending on the severity of the unbalance, this condition might compromise the expected performance of system components, reducing efficiency, and

Sumario: 1 Introducción, 2 Desequilibrios en microrredes eléctricas y Método de detección, 3 Compensación de desequilibrios mediante BESS, 4 Resultados y Discusión, 5 Conclusiones, 6 Anexos.

Como citar: Ochoa, D. (2021). Aprovechamiento de Sistemas de Almacenamiento Energético Mediante Baterías para la Mitigación de Desequilibrios en Microrredes Eléctricas. *Revista Tecnológica - Espol*, 33(1), 18-34. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/798>

negatively impacting its lifetime plus the degradation of the power supply quality. This article proposes a control strategy designed to enable the electronic converters associated with battery energy storage systems (BESS) to mitigate the unbalance introduced by the asymmetrical three-phase load at specific points of the system. The proposal is based on the instantaneous symmetrical components' theory, and it is designed for implementation in conventional control schemes incorporated in BESS electronics. The effectiveness of the proposal is evaluated on a testbench implemented in MATLAB/Simulink. The simulation results confirm the control strategy's efficiency and validate the research hypotheses.

Keywords: microgrid, battery energy storage system, voltage unbalance, instantaneous symmetrical components, power electronic converter.

1. Introducción

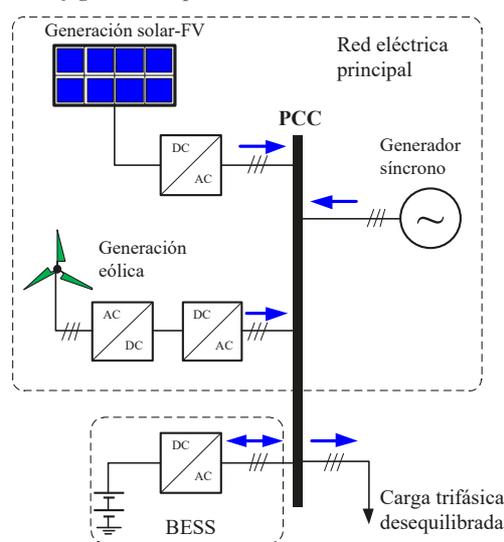
La tendencia creciente de la demanda de energía experimentada por los sistemas eléctricos a nivel mundial ha propiciado que el nivel de cargabilidad de la infraestructura necesaria para producir, transportar y distribuir la electricidad a los consumidores se acerque cada vez a su límite superior. Con el objeto de evitar alcanzar este límite, los operadores de los sistemas suelen llevar a cabo proyectos de repotenciación y expansión del sistema eléctrico (en todas sus etapas), cuyos costos asociados suelen ser cubiertos con fondos provenientes de las arcas públicas y de las inversiones del sector privado (Agencia de Regulación y Control de Electricidad-ARCONEL, 2018a). A fin de aliviar la elevada carga económica que supone la expansión del sector de generación y de transmisión de electricidad, además de obtener otro tipo de réditos, en la última década ha cobrado un enorme interés el estudio y la implementación de microrredes eléctricas, cuyo grado actual de madurez tecnológica constituye una alternativa económicamente viable (G. V. B. Kumar & Palanisamy, 2020). Por definición, una microrred es un grupo de cargas interconectadas y recursos energéticos distribuidos que actúan como un solo ente controlado dentro un sistema eléctrico interconectado (red principal), el cual posee una topología claramente delimitada. La microrred puede ser conectada o desconectada de la red principal de tal manera que esta pueda operar tanto en modo conectado a la red como en modo aislado (Gundumalla & Eswararao, 2018). En la arquitectura de una microrred, las unidades de generación pueden localizarse más cerca de los consumidores (a nivel del sistema de distribución), tener un tamaño sensiblemente inferior que las grandes centrales convencionales y facilitar la diversificación de su fuente energética primaria (renovable no convencional, en su mayoría), de tal forma que la energía producida fluya desde los generadores hacia las cargas, sin tener que pasar por el sistema de transmisión, lo que reduce tanto las pérdidas energéticas como el nivel de congestión de la infraestructura. Este paradigma de generación recibe el nombre de "generación distribuida", cuyos beneficios ambientales, gracias a la reducción en la quema de combustibles fósiles, y técnicos, por la reducción de pérdidas y el aumento en la continuidad del suministro eléctrico, han sido discutidos ampliamente en la literatura de este campo disciplinar (Karimi et al., 2021; T. P. Kumar et al., 2015; Saponara et al., 2019). En muchos casos, las microrredes suelen incorporar sistemas de almacenamiento energético diferentes para garantizar la continuidad del suministro y brindar ciertos servicios de soporte a la red, como el control de tensión y de frecuencia, en particular, cuando esta última se encuentra operando en modo aislado (G. V. B. Kumar & Palanisamy, 2020). En la Figura 1 se muestra una configuración típica de una microrred eléctrica (las flechas en azul representan los flujos de potencia en los distintos elementos del sistema).

En el contexto del sistema eléctrico ecuatoriano existen ciertas redes que, debido a sus particularidades, pueden ser consideradas microrredes eléctricas, sin que estas hayan sido necesariamente concebidas como tal en sus inicios. Entre los ejemplos más destacables se encuentran los sistemas aislados de las islas Galápagos (San Cristóbal, Baltra-Santa Cruz y Floreana) y los proyectos de electrificación rural en sectores remotos de la región amazónica, los cuales, dada la imposibilidad técnica-económica de interconectarlos al sistema nacional de transmisión, han tenido que autogestionarse energéticamente a fin de garantizar la calidad y continuidad del suministro a los distintos tipos de consumidor. Más allá de las múltiples ventajas que presenta la arquitectura de una microrred eléctrica, desde un punto de vista técnico, ambiental y económico, existen también desafíos de diversa índole que han despertado el interés de la comunidad científica (G. V. B. Kumar & Palanisamy, 2020; Nájera et al., 2019). Uno de ellos es el problema relacionado con el desequilibrio de tensiones y corrientes, materia que es objeto del estudio presentado en este trabajo.

El desequilibrio o desbalance de tensiones se presenta en sistemas trifásicos cuando el módulo y el ángulo de las tensiones entre fases consecutivas no son iguales (Nájera et al., 2019). La principal causa de los desequilibrios de tensión en un sistema de distribución suele ser el consumo de potencia asimétrico por parte de las cargas trifásicas, lo que propicia la circulación de corrientes desequilibradas. La naturaleza de este consumo de potencia se debe a la proliferación de cargas monofásicas, cuyos perfiles de consumo individuales, vistos en tiempo real, difieren en cada una de las fases. El efecto del desequilibrio es mucho más notorio en redes débiles y aisladas, debido a su elevado valor de impedancia en el punto de conexión de la carga trifásica (Etxegarai et al., 2015). El desequilibrio de tensión afecta de manera directa a la calidad de la energía suministrada a los consumidores (industrial, comercial, residencial y otros), y puede impactar de forma negativa al funcionamiento de cargas trifásicas, como motores, hornos eléctricos, variadores de frecuencia y sistemas de carga de vehículos eléctricos, entre otros; esto provoca la reducción de la eficiencia y la vida útil de estos artefactos (Adouni & J. Marques Cardoso, 2021; Antić et al., 2021). Consecuencias similares podría experimentar el equipamiento eléctrico instalado aguas arriba de la carga (generadores y transformadores) si son sometidos a elevados niveles de desequilibrio (de tensión y/o corriente) de forma sostenida en el tiempo. Es tal la importancia de este indicador, que el código de red ecuatoriano incluye en la regulación ARCONEL 005/18 los valores máximos admisibles de desequilibrio que deberá presentar el sistema de distribución (en sus distintos niveles) para brindar un servicio eléctrico con adecuados márgenes de calidad (Agencia de Regulación y Control de Electricidad-ARCONEL, 2018b).

Figura 1

Configuración típica de una microrred eléctrica



Fuente: Elaboración propia

Si bien los operadores de este tipo de redes han invertido enormes esfuerzos por mantener las redes trifásicas relativamente equilibradas, por ejemplo, mediante criterios de reparto equitativo de la potencia instalada en cada una de las fases durante la etapa de diseño, es el comportamiento real de las cargas el que hace que el desequilibrio sea un problema latente cuya mitigación deba alcanzarse mediante la intervención de agentes energéticos exógenos a la propia carga trifásica. Pues bien, apelando a la flexibilidad operativa que presentan las interfaces de conexión a red basadas en el uso de convertidores electrónicos de potencia y considerando que su participación en los sistemas eléctricos de potencia hoy en día es altamente significativa, en este trabajo se plantea la utilización de un sistema de almacenamiento energético en baterías (BESS, por sus siglas en inglés) como medida efectiva de mitigación de desequilibrios.

En concreto, en este manuscrito se propone una estrategia de control para ser implementada en el convertidor electrónico de potencia asociado a un sistema BESS, de tal forma que faculte a este agente energético a inyectar corrientes trifásicas en el punto de conexión común (PCC), con miras a

compensar la corriente desequilibrada de la carga y permitir que esta última sea percibida como equilibrada por el resto de los componentes eléctricos situados aguas arriba del PCC. Para tal efecto, en el desarrollo analítico conducente a la generación de las señales de control a ser aplicadas al convertidor electrónico del BESS, se toma como base metodológica el concepto de las componentes simétricas instantáneas presentado por Ghosh y Joshi (2000). Como resultado, se obtienen expresiones que permiten evaluar en tiempo real las señales de consigna de corriente, que deberán ser inyectadas por el convertidor del BESS en el PCC para mitigar el desequilibrio. Estas expresiones, formuladas en términos de las variables eléctricas que pueden ser medidas en bornes del convertidor, toman en consideración el factor de potencia y se deducen a partir de un modelo de carga trifásica desequilibrada conectada en estrella. El desempeño de la estrategia de control propuesta se evalúa sobre un banco de pruebas diseñado para los intereses científicos de este trabajo e implementado en el entorno de simulación MATLAB/Simulink.

2. Desequilibrios en microrredes eléctricas y Método de detección

Definición de desequilibrio, problemática y estándares

El desequilibrio o desbalance (de tensión y/o corriente) se presenta en sistemas trifásicos cuando el módulo y el ángulo de las tensiones y/o corrientes entre fases consecutivas no son iguales. Exceptuando las fallas eventuales que pueden ocurrir en un sistema, la principal causa de los desequilibrios de tensión suele ser el consumo de potencia asimétrico por parte de las cargas, lo que se traduce en la aparición de corrientes desequilibradas. Si se analizan los distintos tipos de consumidores en un sistema, el sector residencial presenta un gran número de acometidas monofásicas, cuyos hábitos de consumo individuales son fuente de constantes desequilibrios. En lo que respecta a las instalaciones industriales y comerciales, estas pueden presentar un consumo eléctrico muy equilibrado a nivel de diseño. No obstante, en su operación en tiempo real es muy probable que se detecten niveles de desequilibrio producidos dentro de la misma instalación debido, quizá, a una mala distribución de los equipamientos, sobrecarga en alguna de las fases o conexiones con una alta impedancia causadas por malos contactos entre componentes. La Figura 2 muestra el perfil de consumo eléctrico real de una acometida trifásica en el sistema de distribución ecuatoriano (hospital público, localizado en la provincia de Morona Santiago). Este registro, obtenido con un elevado grado de resolución temporal, pone en evidencia que, a pesar de los esfuerzos realizados durante la planificación de la expansión del sistema eléctrico para mantener las redes trifásicas sensiblemente equilibradas (por medio de políticas y criterios de diseño), es el comportamiento real de las cargas lo que hace que el desequilibrio sea un problema latente, cuya mitigación deberá conseguirse mediante la intervención de agentes energéticos externos, implementando en sus esquemas de control ciertas técnicas de compensación.

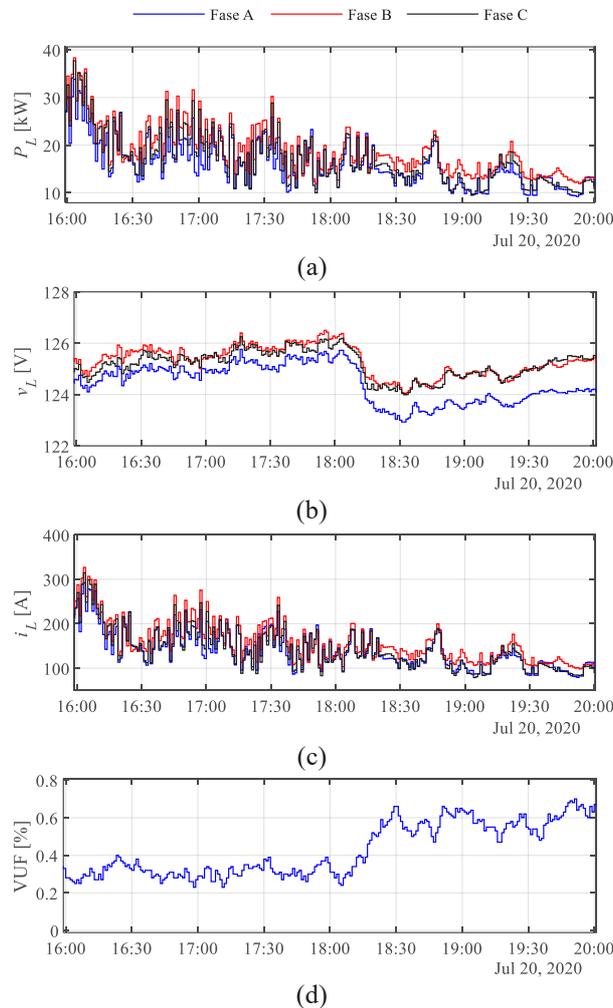
El desequilibrio de tensión afecta de manera directa a la calidad de la energía suministrada a los consumidores, independientemente del nivel que estos ocupen en el sistema (industrial, comercial, residencial y otros), por lo que el impacto dependerá del uso final de la energía. Es así como, en el caso de las cargas trifásicas, tales como motores, hornos eléctricos y variadores de frecuencia, entre otras, la operación bajo un régimen continuado de desequilibrio puede repercutir en su funcionamiento normal y sufrir daños constructivos, y, en consecuencia, se produzca la reducción de la eficiencia y vida útil de los artefactos. Consecuencias similares podrían experimentar otros elementos del sistema, como los generadores y transformadores, si estos son sometidos a condiciones operativas extremas de desequilibrio.

En la actualidad, entre los estándares más extendidos para evaluar el grado de desequilibrio en una red de distribución, están el IEEE 112-x y el IEC 1000-3-x. En este estudio, se tomará como referencia el segundo estándar, por cuanto este ha sido adoptado por la normativa ecuatoriana ARCONEL 005/18 para definir los índices de calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica (Agencia de Regulación y Control de Electricidad-ARCONEL, 2018b). En este se define el factor de desequilibrio de tensión (VUF, por sus siglas en inglés), expresado en (1), en donde V_1 y V_2 son las componentes simétricas positiva y negativa de la tensión trifásica evaluada, respectivamente. El valor máximo permitido para los niveles de media y baja tensión corresponde al 2 %.

$$\text{VUF} = \frac{|V_2|}{|V_1|} \times 100\% \quad (1)$$

Figura 2

Perfil de consumo eléctrico registrado en una acometida trifásica: a) potencia activa; b) tensión fase-neutro; c) corriente y d) desequilibrio de tensión de acuerdo con ARCONEL 005/18



Componentes simétricas instantáneas

En la teoría clásica de los sistemas eléctricos de potencia, los sistemas desequilibrados son estudiados mediante la aplicación del concepto de las componentes simétricas (o de secuencia) propuestas por C. L. Fortescue (1918). El empleo de esta conveniente herramienta analítica ha permitido reducir, de forma considerable, el tratamiento analítico de redes que experimentan distintos tipos de desequilibrios, sean estos producidos por condiciones de falla o por la naturaleza de ciertos parámetros de la red operando en condiciones normales (Grainger & Stevenson, 2004; Kundur, 1994). La aplicación del método de las componentes simétricas a una señal trifásica de tensión y/o corriente arroja como resultado una terna de fasores de secuencia: positiva, negativa y cero, en donde la presencia de estos dos últimos indica la operación desequilibrada del sistema. No obstante, en aplicaciones en tiempo real, que es el objeto de este estudio, el empleo de un análisis fasorial podría restar efectividad a las labores de monitorización y compensación, ya que este ha sido concebido para ser aplicado en señales eléctricas con frecuencia constante y operación en estado estacionario. En su lugar, es preferible registrar la variación “instantánea” de las variables eléctricas (tensión y/o corriente) para conseguir señales de compensación más fiables. Para ello, en Ghosh y Joshi (2000) se presenta el concepto de las componentes simétricas instantáneas, el cual establece que un conjunto de tensiones trifásicas instantáneas $v_a(t)$, $v_b(t)$ y $v_c(t)$ puede ser descompuesto como sigue:

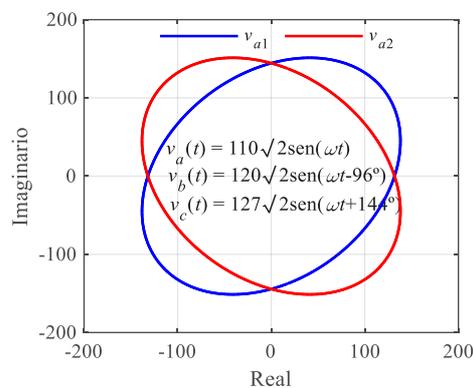
$$\begin{bmatrix} v_{a0} \\ v_{a1} \\ v_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} \quad (2)$$

En donde v_{a0} , v_{a1} y v_{a2} son las componentes simétricas instantáneas (referida a la fase a) de la tensión trifásica estudiada: cero, positiva y negativa, respectivamente. Dado que $a = 1e^{j120^\circ}$, los vectores instantáneos v_{a1} y v_{a2} son complejos conjugados entre sí y v_{a0} es una cantidad real. Por tanto, para representar gráficamente las componentes de secuencia obtenidas, resultará útil emplear el plano complejo. En este punto, es preciso indicar que la ecuación (2) es válida también para la descomposición de corrientes trifásicas instantáneas.

Para ilustrar el método considérese la señal trifásica de tensión desequilibrada, expresada en la parte central de la Figura 3. Cada vez que se toma una muestra de las tensiones v_a , v_b , v_c , se evalúa (2) con el fin de obtener una terna de valores que representen a las componentes v_{a0} , v_{a1} y v_{a2} para ese instante de tiempo. Conforme se avanza en el barrido de la señal trifásica, se va trazando en el plano complejo los valores adoptados por v_{a1} y v_{a2} , como se ilustra en la Figura 3. Nótese que el lugar geométrico descrito por v_{a1} es el reflejo de aquel producido por v_{a2} . La falta de correlación entre las dos curvas denota el desequilibrio de la señal trifásica estudiada, siendo esta más acentuada mientras más severo sea el desequilibrio. Por tanto, es de esperar que, en caso de tener un sistema equilibrado, los lugares geométricos de v_{a1} y v_{a2} se solapen perfectamente. He aquí la utilidad de emplear este concepto para monitorizar el desequilibrio de tensión y/o corriente y para generar las señales de compensación correspondientes. En el ejemplo mostrado en la Figura 3, se han barrido las señales de tensión trifásicas (de 60 Hz) en una ventana temporal de dos ciclos y un tiempo de muestreo de 0.1 ms.

Figura 3

Detección de desequilibrios mediante el concepto de las componentes simétricas instantáneas



Fuente: Elaboración propia

3. Compensación de desequilibrios mediante BESS

Propuesta metodológica

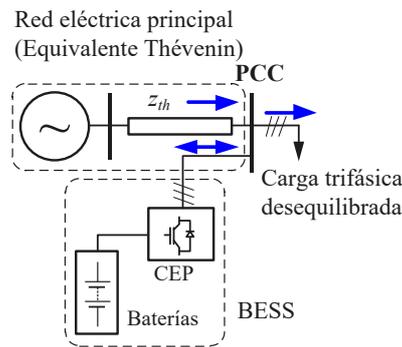
La Figura 4 muestra la representación simplificada de una microrred eléctrica alimentando a una carga trifásica desequilibrada, en cuyo punto de conexión común a la red (PCC) se encuentra un sistema de almacenamiento energético mediante baterías (BESS) con interfaz de conexión basada en convertidor electrónico de potencia (CEP), similar a la topología de la microrred ilustrada en la Figura 1. Con el objeto de exponer con claridad el planteamiento de la metodología propuesta, la red eléctrica situada aguas arriba del PCC es representada por su equivalente Thévenin (Figura 4). En condiciones normales de operación, las potencias activas y reactivas demandadas por cada una de las fases de la carga son suplidas en mayor medida por la red eléctrica principal y, de forma complementaria, por el BESS. Independientemente de si el BESS inyecta o absorbe potencia del PCC, las corrientes trifásicas generadas por el CEP serán siempre equilibradas, por tanto, el desequilibrio de corrientes y tensiones ocasionado por la carga es asumido en su totalidad por la red eléctrica principal. Esta naturaleza desequilibrada y cambiante de la carga, que se traduce en la aparición de potencias instantáneas

pulsantes, circulación de corriente por el neutro, desequilibrio de tensión en bornes, podría generar efectos adversos en los elementos que constituyen la red situada aguas arriba del PCC (generadores y transformadores, principalmente) y en la propia carga, como ya se expuso en la sección introductoria.

La metodología que se propone en este artículo parte de la premisa de que, si no es posible cambiar la naturaleza desequilibrada de la carga en su operación en tiempo real, lo que se puede hacer es aprovechar el BESS conectado en el PCC para que este inyecte corrientes trifásicas que permitan compensar el desequilibrio “aguas arriba”, de tal manera que el resto de los componentes de la microrred perciba a la carga como equilibrada, con los consiguientes beneficios operativos. Se propone, entonces, un ajuste en la filosofía de control del CEP asociado al BESS para que este continúe desempeñando su rol dentro de la microrred eléctrica, al mismo tiempo que sea empleado para desempeñar las labores de mitigación del desequilibrio introducido por la carga.

Figura 4

Representación simplificada de una microrred eléctrica

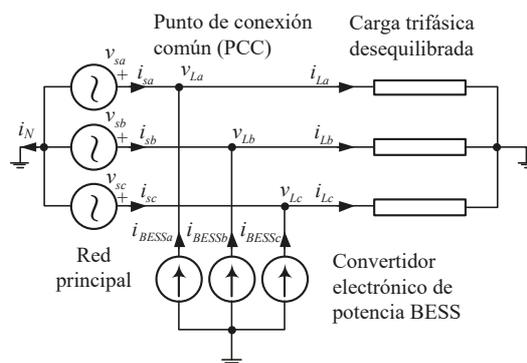


Fuente: Elaboración propia

Para el planteamiento de la propuesta, se acudirá a lo expresado en la Figura 5, que muestra la representación trifásica de la microrred de la Figura 4. En esta se asume que la única fuente de desequilibrio proviene de la carga (conectada en estrella), por tanto, la tensión trifásica de la red eléctrica situada aguas arriba del PCC posee la forma expresada en (3), donde V_m es la amplitud máxima y ω es la frecuencia angular de la red. Tanto la tensión fase-neutro en el PCC como la corriente consumida por la carga en cada fase están denotadas por v_L y i_L , respectivamente. El CEP, que para este tipo de aplicaciones opera en modo convertidor en fuente de corriente (CSC, por sus siglas en inglés), es representado por medio de una fuente controlada de corriente que inyecta una señal trifásica i_{BESS} , cuyo cálculo constituye el objeto principal de este trabajo. Esta simplificación está sustentada en los resultados publicados en Huang et al. (2012); Li et al., (2018) y Radwan et al. (2020), en donde se verifica que el CEP adopta un comportamiento equivalente al de una fuente de corriente desde la perspectiva de la red en el PCC, en el cumplimiento de las señales de consigna de potencia y activa establecidas en su sistema de control.

Figura 5

Representación trifásica de la microrred eléctrica



Fuente: Elaboración propia

$$\begin{aligned} v_{sa} &= V_m \operatorname{sen}(\omega t) \\ v_{sb} &= V_m \operatorname{sen}(\omega t - 120^\circ) \\ v_{sc} &= V_m \operatorname{sen}(\omega t + 120^\circ) \end{aligned} \quad (3)$$

Dado que el desequilibrio de tensión/corriente en el sistema es ocasionado por la asimetría de la carga (en términos de la potencia activa/reactiva consumida en cada fase), se partirá del concepto de las componentes simétricas instantáneas descrito en la sección II-B para determinar una función de control. La idea consiste en encontrar una relación entre las corrientes y las tensiones de carga, así como una acción de control que permita incrementar la correlación (en tiempo real) del lugar geométrico de las componentes positiva y negativa de la corriente inyectada por la red en el PCC (como se ilustró en la Figura 3, con la tensión) y, con esto, reducir el grado de desequilibrio visto desde la red principal. Del diagrama de la Figura 5 se infiere que la red eléctrica principal habrá alcanzado la condición de equilibrio cuando:

$$\underbrace{i_{sa} + i_{sb} + i_{sc}}_{\substack{\text{Corriente circulante} \\ \text{por el neutro}}} = 0 \quad (4)$$

La expresión (4) constituye el primer objetivo de control que se busca con la implementación de la propuesta. A continuación, haciendo uso de la ecuación (2), se deduce que la componente de secuencia positiva de la tensión fase-neutro instantánea de la red principal, v_{sa1} , posee la forma:

$$v_{sa1} = \frac{1}{\sqrt{3}} \left(v_{sa} - \frac{1}{2} v_{sb} - \frac{1}{2} v_{sc} \right) + j \left(\frac{1}{2} v_{sb} - \frac{1}{2} v_{sc} \right) \quad (5)$$

Debido a que v_{sa2} es el complejo conjugado de v_{sa1} , su deducción se omite en este punto. Luego, operando sobre (5), se obtiene el argumento del vector complejo, v_{sa1} :

$$\angle(v_{sa1}) = \tan^{-1} \left\{ \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}(v_{sb} - v_{sc})}{v_{sa} - \frac{1}{2}v_{sb} - \frac{1}{2}v_{sc}} \right\} = \tan^{-1} \left(\frac{k_1}{k_2} \right) \quad (6)$$

Repetiendo el proceso analítico empleado en la deducción de las expresiones (5) y (6), y considerando que, para este caso, se utilizan las corrientes trifásicas inyectadas por la red principal en el PCC, se obtiene:

$$\angle(i_{sa1}) = \tan^{-1} \left\{ \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}(i_{sb} - i_{sc})}{i_{sa} - \frac{1}{2}i_{sb} - \frac{1}{2}i_{sc}} \right\} = \tan^{-1} \left(\frac{k_3}{k_4} \right) \quad (7)$$

Ahora bien, los argumentos de v_{sa1} y de i_{sa1} se pueden relacionar entre sí, como se indica en (8), en donde φ es el ángulo del factor de potencia.

$$\angle(v_{sa1}) = \angle(i_{sa1}) + \varphi \quad (8)$$

Sustituyendo (6) y (7) en (8):

$$\tan^{-1}\left(\frac{k_1}{k_2}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{k_3}{k_4}\right) + \varphi \quad (9)$$

Aplicando la identidad trigonométrica $\tan(A+B) = (\tan A + \tan B)/(1 - \tan A \tan B)$ en la expresión anterior, se obtiene:

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{k_3/k_4 + \tan \varphi}{1 - (k_3/k_4) \tan \varphi} \quad (10)$$

Para facilitar el manejo analítico de la expresión (10), cuando se sustituyan los valores k_1 - k_4 , definidos en (6) y (7), se introduce el factor $k = \tan \varphi/\sqrt{3}$. Luego de hacer esta sustitución y de reorganizar términos, se obtiene la expresión:

$$\begin{aligned} & (v_{sb} - v_{sc} - 3kv_{sa})i_{sa} + (v_{sc} - v_{sa} - 3kv_{sb})i_{sb} + \\ & (v_{sa} - v_{sb} - 3kv_{sc})i_{sc} = 0 \end{aligned} \quad (11)$$

En este punto, se pide al lector tener en cuenta la naturaleza ondulatoria que adquiere la potencia instantánea cuando el sistema opera bajo un régimen trifásico desequilibrado. En tal situación, la potencia total consumida por la carga en el dominio del tiempo poseerá dos componentes: una ondulatoria y una continua, siendo esta última la potencia promedio, \overline{P}_L (como adelanto, se pide al lector observar la Figura 13(a)). En condiciones normales, esta potencia total ondulatoria es suplida, de forma mayoritaria, por la red eléctrica principal. Si bien, se espera que las acciones correctivas del CEP permitan obtener en el PCC una carga equivalente equilibrada (vista desde la red principal), no hay que descuidar que la carga conectada seguirá estando desequilibrada y, por tanto, esta seguirá demandando una potencia instantánea con componente ondulatoria. Aquí, se puede sacar provecho a la maleabilidad ofrecida por el CEP en relación con el control de potencia, al forzar a que este dispositivo asuma la componente ondulatoria de la potencia consumida por la carga y dejar que sea la red principal quien suministre la potencia promedio restante, \overline{P}_L (Figura 13(b)). Este criterio de diseño, que constituye el segundo objetivo de control, puede formularse como sigue:

$$\underbrace{v_{sa}i_{sa} + v_{sb}i_{sb} + v_{sc}i_{sc}}_{\text{Potencia instantánea suministrada por la red principal}} = \overline{P}_L \quad (12)$$

A continuación se presentan las ecuaciones (4), (11) y (12) de forma matricial:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ (v_{sb} - v_{sc} - 3kv_{sa}) & (v_{sc} - v_{sa} - 3kv_{sb}) & (v_{sa} - v_{sb} - 3kv_{sc}) \\ v_{sa} & v_{sb} & v_{sc} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{sa} \\ i_{sb} \\ i_{sc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \overline{P}_L \end{bmatrix} \quad (13)$$

Teniendo en cuenta que para cada una de las fases del PCC se cumple que $i_s = i_L - i_{BESS}$ y que $v_s = v_L$ (ver Figura 5), la aplicación del álgebra matricial en (13) da como resultado las ecuaciones (14)-(16), las cuales son las señales de referencia trifásica que tienen que ser aplicadas al sistema de control del CEP. Se hace notar que las variables que constituyen este conjunto de ecuaciones pueden ser medidas en el PCC por parte del CEP, lo que facilita su implementación práctica. Además, con el ajuste del factor k (que es proporcional a $\tan \varphi$) es posible controlar el factor de potencia en el PCC.

$$i_{BESSa} = i_{La} - \frac{v_{La} + (v_{Lb} - v_{Lc})k}{v_{La}^2 + v_{Lb}^2 + v_{Lc}^2} \overline{P}_L \quad (14)$$

$$i_{BESSb} = i_{Lb} - \frac{v_{Lb} + (v_{Lc} - v_{La})k}{v_{La}^2 + v_{Lb}^2 + v_{Lc}^2} P_L \quad (15)$$

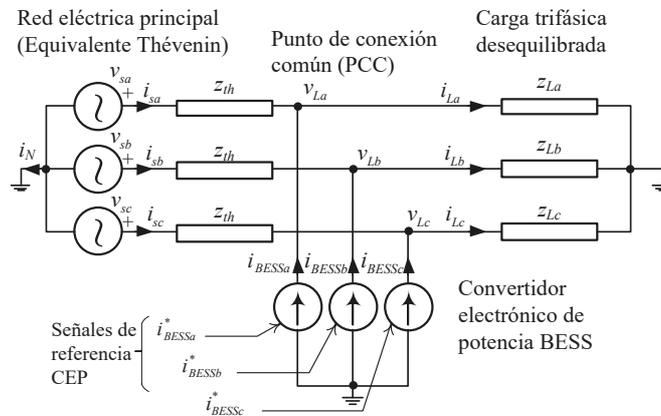
$$i_{BESSc} = i_{Lc} - \frac{v_{Lc} + (v_{La} - v_{Lb})k}{v_{La}^2 + v_{Lb}^2 + v_{Lc}^2} P_L \quad (16)$$

Caso de estudio

Con el objeto de ilustrar la implementación de la propuesta planteada en la sección anterior y de evaluar la efectividad de las acciones de control brindadas por el CEP del BESS para la mitigación del desequilibrio en tiempo real, en este apartado se presenta un caso de estudio realizado sobre un sistema de pruebas diseñado para el efecto (Figura 6). El sistema consiste en una microrred de 220 V (valor eficaz de la tensión de línea) a 60 Hz alimentando a una carga trifásica y con sistema de almacenamiento energético en baterías (BESS). Al ser una microrred débil, el valor de la impedancia del modelo equivalente Thévenin está en el orden de 16 pu (valor calculado para una potencia base de 1MVA). La fuente de desequilibrio es la carga trifásica, la cual es representada por un modelo serie caracterizado por los siguientes parámetros: $Z_{La} = 10e^{j0^\circ} \Omega$ (fase a), $Z_{Lb} = 15e^{j-50^\circ} \Omega$ (fase b) y $Z_{Lc} = 10e^{j30^\circ} \Omega$ (fase c), invariables en el tiempo (carga desequilibrada constante). En este estudio, se han dimensionado estas impedancias de tal manera que se introduzca un nivel de desequilibrio de tensión que exceda el valor máximo establecido estándar de referencia (2 %). Es preciso indicar que, de acuerdo con el enfoque utilizado en este trabajo, las corrientes trifásicas inyectadas por el CEP en el PCC provienen de una fuente controlada de corriente ideal, y, por tanto, se asume que esta dispone de un sustento energético ilimitado proporcionado, por ejemplo, por un banco de baterías. Esta asunción es válida para intervalos de análisis de corto plazo (en el orden de los pocos minutos), en donde el estado de carga típico de un BESS se percibe prácticamente constante (Ko & Choi, 2021).

Figura 6

Microrred eléctrica en estudio

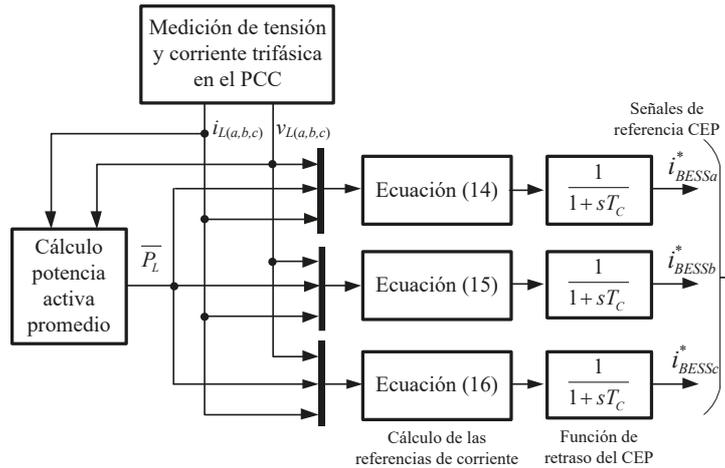


Fuente: Elaboración propia

En la Figura 7 se ofrece al lector un ejemplo de implementación de la estrategia de control propuesta. Este esquema simplificado ilustra el proceso de cálculo, en tiempo real, de las señales de referencia de corriente trifásica del CEP del BESS necesarias para la mitigación de los desequilibrios producidos por la carga. Este proceso inicia con la medición de los valores instantáneos de tensión trifásica en el PCC y de corriente trifásica de la carga, v_L e i_L , respectivamente (en este ejemplo, se ha considerado un tiempo de muestreo $T_s = 0.1$ ms). Con las lecturas realizadas se calcula la potencia activa instantánea consumida por la carga y su valor promedio para luego evaluar las ecuaciones (14)-(16), deducidas en el apartado 3.1. Debido a que en este trabajo se ha empleado un modelo idealizado del sistema integral del BESS (fuente controlada de corriente), es preciso incluir una función de retraso (típicamente, de primer orden con constante de tiempo T_C) a fin de representar el tiempo de actuación del convertidor en el intervalo mientras que recibe la señal de consigna de corriente, i_{BESS}^* , hasta que esta es finalmente medida en bornes del CEP, i_{BESS} .

Figura 7

Esquema de implementación del controlador en el CEP del BESS



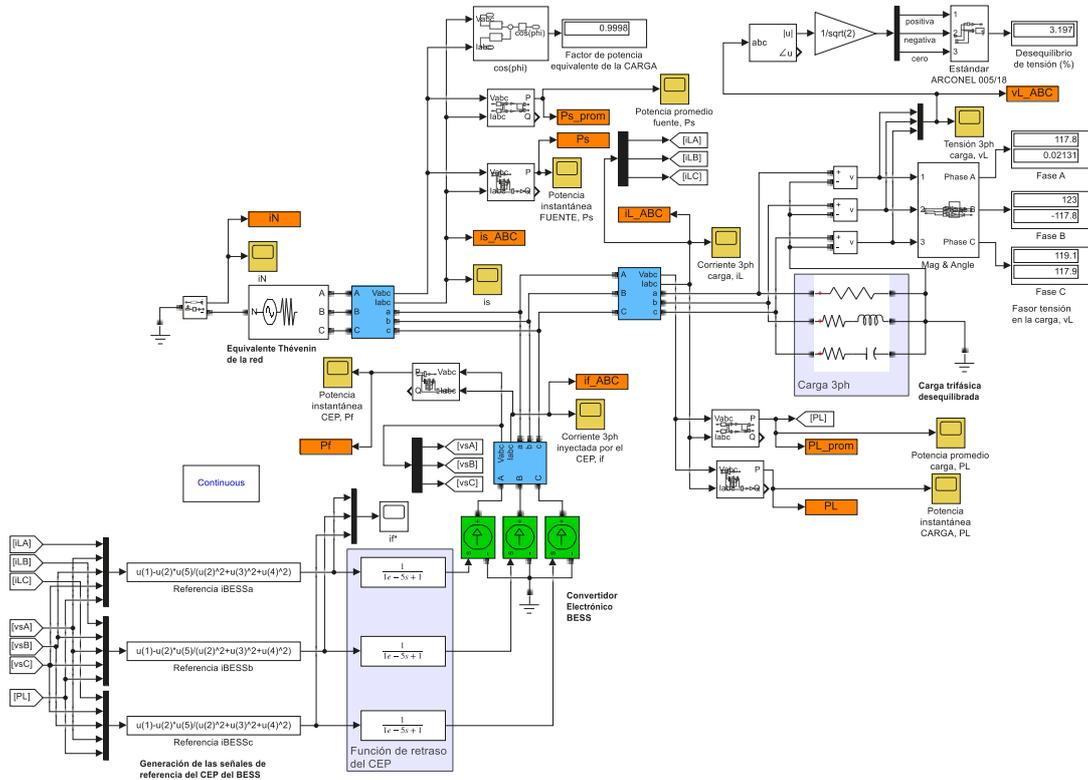
Fuente: Elaboración propia

4. Resultados y Discusión

La Figura 8 muestra la implementación del sistema de pruebas (Figura 6) en el entorno de simulación MATLAB/Simulink. En este modelo es posible también apreciar la implementación del esquema de control propuesto (Figura 7), el cual estará habilitado o no según las necesidades del estudio. Para ello, se utilizan los modelos integrados por defecto en la librería *Simscape* del simulador, con el objeto de representar los distintos elementos eléctricos que componen el sistema de pruebas y la metrología eléctrica necesaria para el registro de los datos, con el detalle que se muestra en la Figura 8. Los valores numéricos asignados a los distintos parámetros del modelo en la simulación se ofrecen en el Apéndice.

Figura 8

Implementación del sistema de pruebas en MATLAB/Simulink

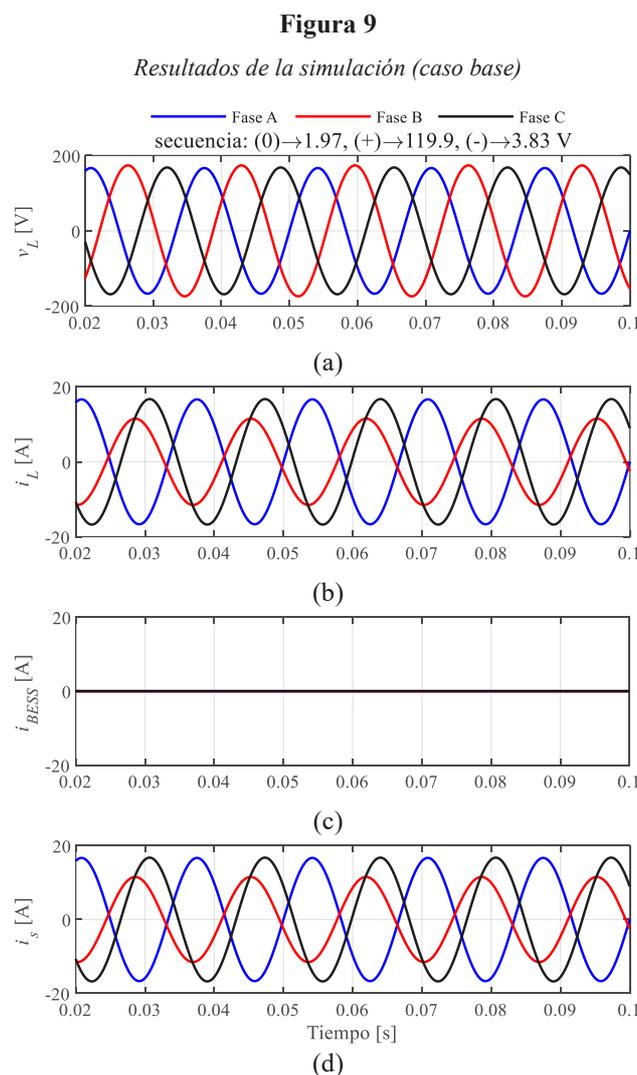


Fuente: Elaboración propia

Caso base

En primer lugar se estudia el caso base, en el cual el BESS no interviene en las labores de compensación del desequilibrio de la carga, sino la red eléctrica principal, quien alimenta a la carga en su totalidad. Este caso puede ser visto también desde otro enfoque: que el BESS se encuentre entregando o absorbiendo potencia de un modo convencional, es decir, mediante la generación de corrientes trifásicas equilibradas, de tal manera que la única fuente de desequilibrio sea la carga trifásica. La Figura 9 muestra los resultados obtenidos en la simulación del caso base. La Figura 9(a) ilustra la dinámica adoptada por tensión fase-neutro en el PCC para el horizonte temporal considerado. Si bien, en esta ilustración apenas se aprecia el desequilibrio de tensión, al echar un vistazo a los valores de las componentes de secuencia y aplicar la ecuación (1) se puede verificar que el desequilibrio asciende al 3.20 %, valor que se sitúa por encima de lo que exige el código de red ecuatoriano. El desequilibrio se hace más evidente si se observa la corriente de carga instantánea, i_L , en la Figura 9(b). En este caso, la corriente de la red principal (Figura 9(d)) adopta la misma forma que la de carga, por cuanto se ha forzado al BESS a no inyectar ni absorber potencia en el PCC (Figura 9(c)).

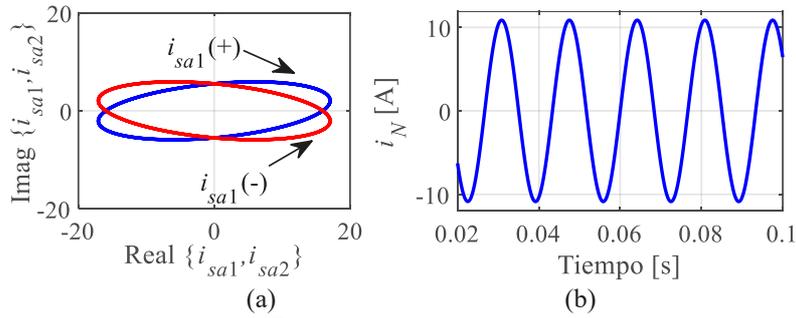
A manera de comprobación, en la Figura 10(a) se ha graficado el lugar geométrico descrito por las componentes simétricas instantáneas de la corriente inyectada por la red principal en el PCC, obtenido al muestrear i_s (Figura 9(d)), dentro la ventana 0.05s-0.1s, y evaluar la ecuación (2), expresada en términos de la corriente. El lugar geométrico refleja la falta de correlación entre las componentes de secuencia positiva y negativa, brindando un diagnóstico visual del desequilibrio. Por complementariedad, en la Figura 10(b) se muestra la dinámica de la corriente medida en el neutro de la microrred, cuya amplitud da testimonio de la severidad del desequilibrio estudiado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 10

Resultados de la simulación (caso base): a) lugar geométrico componentes simétricas instantáneas (i_s , red principal); b) corriente instantánea del neutro, i_N



Fuente: Elaboración propia

Por último, en la Figura 13 se presenta la dinámica adoptada por la potencia instantánea y promedio inyectada/absorbida en el PCC por cada uno de los agentes del sistema de prueba, antes y después de la compensación.

Participación del BESS en la mitigación del desequilibrio

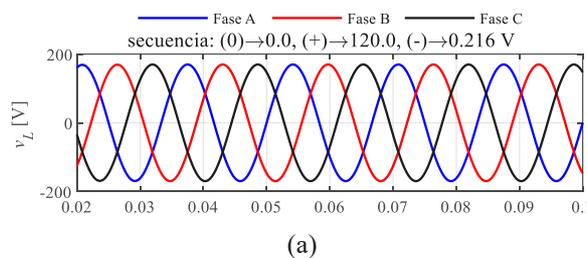
Para este estudio, se procede a habilitar el esquema de compensación implementado en el CEP del BESS y se repite el experimento descrito en el caso base. Con el propósito de hacer una primera verificación de la efectividad de la propuesta, se simularán condiciones operativas del CEP prácticamente ideales, al considerar, por ejemplo, una constante de tiempo $T_C = 1 \times 10^{-5}$ s en la función de retardo (Figura 7). Además, para la evaluación del conjunto de ecuaciones (14)-(16) se considera un valor de $k = 0$, con lo que se podrá obtener un factor de potencia unitario con la actuación del CEP bajo este modo operativo.

La Figura 11(a) ilustra la dinámica de tensión fase-neutro en el PCC. En esta ilustración se observa que el desequilibrio de tensión en la carga ha sido reducido sustancialmente, pues la componente de secuencia negativa ha disminuido su valor de forma apreciable. La aplicación de (1) con estos datos revela que el desequilibrio de tensión (según ARCONEL 005/18) se reduce al 0.18 %.

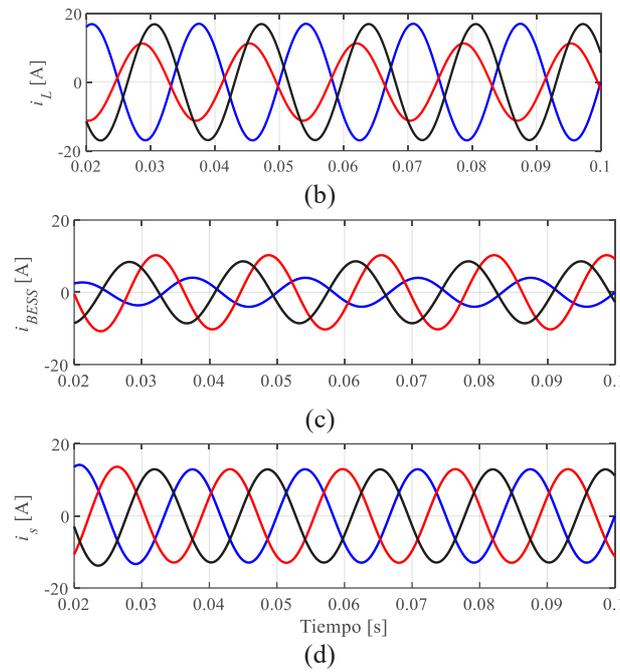
Si bien, la corriente instantánea en la carga permanece aún desequilibrada (Figura 11(b)), es la acción de control del BESS (Figura 11(c)) la que permite compensar la corriente de carga equivalente en el PCC. La Figura 11(d) muestra cómo esta corriente es equilibrada desde el punto de vista de la red principal (aguas arriba del PCC) y, además, cómo esta corriente está en fase con la tensión trifásica medida en ese punto ($\cos \varphi = 1$). Esto último, se debe a la asignación $k = 0$ en el esquema de control del BESS propuesto.

Figura 11

Compensación del desequilibrio por parte del BESS



(a)

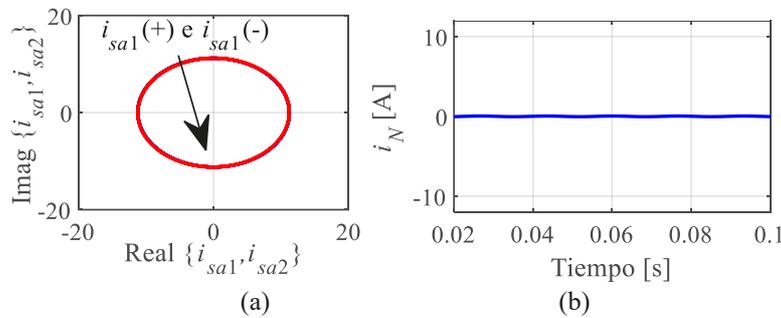


Fuente: Elaboración propia

Siguiendo un procedimiento similar a aquel descrito en el caso base, en la Figura 12(a) se ha trazado el lugar geométrico de las componentes simétricas instantáneas de la corriente suministrada por la fuente, en la cual se puede evidenciar la labor exitosa del BESS en la mitigación del desequilibrio; las curvas están solapadas. Este diagnóstico lo respalda la ausencia de una corriente circulante por el neutro de la microrred (Figura 12(b)) y permite verificar el cumplimiento del primer objetivo de control.

Figura 12

Compensación del desequilibrio por parte del BESS: a) lugar geométrico componentes simétricas instantáneas (i_s , red principal); b) corriente instantánea del neutro, i_N

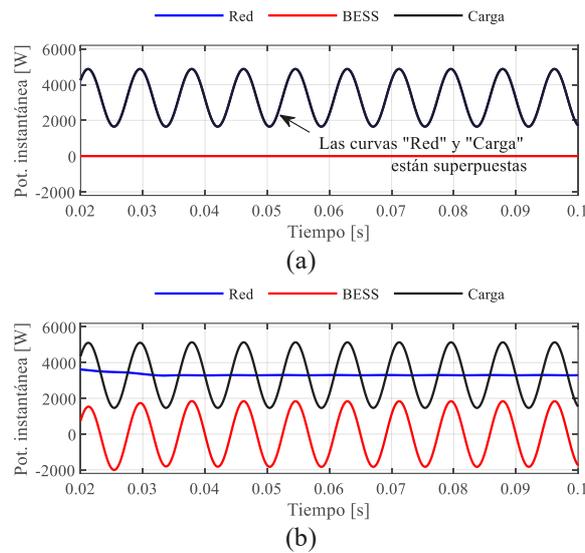


Fuente: Elaboración propia

En aras de la completitud, en la Figura 13 se presenta una comparación de las dinámicas de las potencias activas instantáneas manejadas por cada uno de los agentes energéticos del sistema de pruebas, antes y después de la intervención del BESS con sus labores de compensación. Nótese que, en el caso base (Figura 13(a)), la potencia instantánea ondulatoria demandada por la carga desequilibrada tiene que ser suplida completamente por la red principal. Si en este caso, el BESS inyectase/absorbiese potencia activa mediante el modo convencional, el resultado sería una línea continua en el tiempo que restaría/sumaría al aporte proveniente de la red principal para la cobertura de la potencia demandada. En todo caso, la generación de la componente ondulatoria de la potencia activa requerida por la carga seguiría siendo endosada a la red principal. Ahora bien, cuando se habilita la compensación del BESS en el sistema de prueba (ver Figura 13(b)), la componente oscilante de la potencia instantánea de la carga es asumida por el BESS, mientras que la red principal aporta únicamente la potencia promedio demandada por esta. Se cumple, por tanto, el segundo objetivo de control.

Figura 13

Potencia activa instantánea: a) caso base, b) compensación por parte del BESS



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la Tabla 1 ofrece los resultados más relevantes del estudio presentado.

Tabla 1

Resumen de los resultados

	Tensión fase-neutro medida en el PCC [V]	Desequilibrio de tensión (ARCONEL 005/18)
Caso base	$v_{La} = 117.8\sqrt{2} \text{ sen}(\omega t)$ $v_{Lb} = 123.0\sqrt{2} \text{ sen}(\omega t - 117.8^\circ)$ $v_{Lc} = 119.1\sqrt{2} \text{ sen}(\omega t + 117.9^\circ)$	3.196 %
Compensación mediante BESS	$v_{La} = 119.8\sqrt{2} \text{ sen}(\omega t)$ $v_{Lb} = 120.1\sqrt{2} \text{ sen}(\omega t - 119.9^\circ)$ $v_{Lc} = 120.0\sqrt{2} \text{ sen}(\omega t + 119.9^\circ)$	0.180 %

Fuente: Elaboración propia

5. Conclusiones

Entre los principales desafíos operativos derivados de la implementación de microrredes eléctricas (en modo isla) y sistemas eléctricos débiles y aislados, en general, se encuentran aquellos relacionados con el desequilibrio de tensiones y corrientes provocado por la naturaleza asimétrica de la carga trifásica en su operación en tiempo real. Según la severidad del desequilibrio, esta condición podría comprometer el correcto funcionamiento de los distintos componentes del sistema, reducir la eficiencia y su vida útil, y degradar los índices de calidad del suministro eléctrico. Aprovechando la proliferación de agentes energéticos con interfaz de conexión a red basado en convertidores electrónicos de potencia en una microrred eléctrica, como es el caso de los sistemas de almacenamiento energético en baterías (BESS), en este trabajo se ha propuesto una estrategia de control aplicada a tales convertidores con el objeto de mitigar el desequilibrio de tensión y/o corriente. La propuesta se encuentra sustentada en la teoría de las componentes simétricas instantáneas y la formulación resultante carece de complejidad matemática, lo que facilita su implementación práctica en los esquemas de control convencionales implementados en la electrónica del BESS. La efectividad brindada por la propuesta ha sido evaluada sobre un sistema eléctrico de pruebas, diseñado para los intereses de esta investigación, en el entorno de simulación MATLAB/Simulink. Los resultados obtenidos muestran que la incorporación de la estrategia de compensación en el convertidor electrónico de potencia del BESS

permite reducir efectivamente el grado de desequilibrio en la microrred, para lo cual se ha tomado como referencia el código de red ecuatoriano. Estos resultados, además, han permitido corroborar los objetivos de control establecidos en el planteamiento de la propuesta y, con esto, verificar el cumplimiento de la hipótesis. Finalmente, es importante indicar que el alcance del estudio presentado en este artículo ha sido definido para presentar, de forma exhaustiva, la base teórica de la propuesta y brindar al lector una noción general de la interacción de los distintos actores de una microrred eléctrica, por lo que ha sido necesario realizar una serie de simplificaciones en la representación de sus modelos. A partir de esta base, se recomienda realizar simulaciones más detalladas en la que se consideren algunos aspectos, como el empleo de un modelo completo de los convertidores electrónicos de potencia; se tomen en cuenta las características de la batería y de su estado de carga; se considere un modelo desagregado de la microrred y que se incluyan los retardos asociados a las labores de medición, cómputo y procesamiento en el convertidor electrónico del BESS, los cuales podrían penalizar en mayor o menor medida la efectividad del método.

6. Anexos

Parámetros asignados al modelo de microrred:

Red eléctrica principal (fuente trifásica): $V_{ab(rms)} = 220 \text{ V}$, $f = 60 \text{ Hz}$ y $z_{th} = 0.77 \Omega$.

Carga desequilibrada (modelo serie): $R_{LA} = 10.00 \Omega$, $R_{LB} = 9.64 \Omega$, $L_{LB} = 30.5 \text{ mH}$, $R_{LC} = 8.66 \Omega$ y $C_{LC} = 530.52 \mu\text{F}$.

Reconocimientos

El autor expresa su agradecimiento a la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) de la República del Ecuador, que, gracias a su apoyo financiero ha hecho posible su formación a nivel doctoral.

Referencias

- Adouni, A., & J. Marques Cardoso, A. (2021). Thermal Analysis of Low-Power Three-Phase Induction Motors Operating under Voltage Unbalance and Inter-Turn Short Circuit Faults. *Machines*, 9(1), 2. <https://doi.org/10.3390/machines9010002>
- Agencia de Regulación y Control de Electricidad-ARCONEL. (2018a). *Plan Maestro de Electricidad 2018-2027*. <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/plan-maestro-de-electricidad/>
- Agencia de Regulación y Control de Electricidad-ARCONEL. (2018b). *Regulación No. ARCONEL 005/18*. <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/Regulacion-de-Calidad-Suscrita.pdf>
- Antić, T., Capuder, T., & Bolfek, M. (2021). A Comprehensive Analysis of the Voltage Unbalance Factor in PV and EV Rich Non-Synthetic Low Voltage Distribution Networks. *Energies*, 14(1), 117. <https://doi.org/10.3390/en14010117>
- Etxegarai, A., Eguia, P., Torres, E., Iturregi, A., & Valverde, V. (2015). Review of grid connection requirements for generation assets in weak power grids. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 1501-1514. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.09.030>
- Fortescue, C. L. (1918). Method of Symmetrical Co-Ordinates Applied to the Solution of Polyphase Networks. *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, XXXVII (2), 1027-1140. <https://doi.org/10.1109/T-AIEE.1918.4765570>
- Ghosh, A., & Joshi, A. (2000). The use of instantaneous symmetrical components for balancing a delta connected load and power factor correction. *Electric Power Systems Research*, 54(1), 67-74. [https://doi.org/10.1016/S0378-7796\(99\)00071-1](https://doi.org/10.1016/S0378-7796(99)00071-1)
- Grainger, J. J., & Stevenson, W. D. (2004). *Análisis de sistemas de potencia*. MacGraw-Hill.

- Gundumalla, V. B. K., & Eswararao, S. (2018). Ramp Rate Control Strategy for an Islanded DC Microgrid with Hybrid Energy Storage System. *2018 4th International Conference on Electrical Energy Systems (ICEES)*, 82-87. <https://doi.org/10.1109/ICEES.2018.8442363>
- Huang, S., Pham, D. C., Huang, K., & Cheng, S. (2012). Space vector PWM techniques for current and voltage source converters: A short review. *2012 15th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS)*, 1-6.
- Karimi, M., Farshad, M., Hong, Q., Laaksonen, H., & Kauhaniemi, K. (2021). An Islanding Detection Technique for Inverter-Based Distributed Generation in Microgrids. *Energies*, *14*(1), 130. <https://doi.org/10.3390/en14010130>
- Ko, Y., & Choi, W. (2021). A New SOC Estimation for LFP Batteries: Application in a 10 Ah Cell (HW 38120 L/S) as a Hysteresis Case Study. *Electronics*, *10*(6), 705. <https://doi.org/10.3390/electronics10060705>
- Kumar, G. V. B., & Palanisamy, K. (2020). A Review of Energy Storage Participation for Ancillary Services in a Microgrid Environment. *Inventions*, *5*(4), 63. <https://doi.org/10.3390/inventions5040063>
- Kumar, T. P., Chandrashekar, Y., Subrahmanyam, N., & Sydulu, M. (2015). Control strategies of a fuzzy controlled grid connected hybrid PV/PEMFC/battery distributed generation system. *2015 IEEE Power and Energy Conference at Illinois (PECI)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/PECI.2015.7064932>
- Kundur, P. (1994). *Power System Stability and Control* (1st ed.). McGraw-Hill.
- Li, D., Li, F., Rong, D., Zheng, K., Wang, D., & Li, Q. (2018). An SVPWM Strategy for Multifunction Current Source Converter. *2018 IEEE International Power Electronics and Application Conference and Exposition (PEAC)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/PEAC.2018.8590656>
- Nájera, J., Mendonça, H., de Castro, R. M., & Arribas, J. R. (2019). Strategies Comparison for Voltage Unbalance Mitigation in LV Distribution Networks Using EV Chargers. *Electronics*, *8*(3), 289. <https://doi.org/10.3390/electronics8030289>
- Radwan, A., Khouri, I., & Jiang, X. (2020). Modeling and Control of Current-Source Converter-Based AC Microgrids. *2020 IEEE 8th International Conference on Smart Energy Grid Engineering (SEGE)*, 97-101. <https://doi.org/10.1109/SEGE49949.2020.9181969>
- Saponara, S., Saletti, R., & Mihet-Popa, L. (2019). Hybrid Micro-Grids Exploiting Renewables Sources, Battery Energy Storages, and Bi-Directional Converters. *Applied Sciences*, *9*(22), 49-73. <https://doi.org/10.3390/app9224973>

Reacción al Fuego de Tres Maderas Angiospermas Impregnadas con Sales de Boro

Reaction to fire of three angiosperm woods impregnated with boron salts

Javier Ramón Sotomayor Castellanos¹ <https://orcid.org/0000-0002-1527-8801>

Luz Elena Alfonsina Ávila Calderón¹ <https://orcid.org/0000-0003-2646-2142>

¹ Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México
madera999@yahoo.com
lea.avilacalderon@gmail.com

Enviado: 2021/04/27
Aceptado: 2021/05/20
Publicado: 2021/06/30

Resumen

La madera es un material combustible, motivo por el cual es importante investigar técnicas para aumentar su resistencia al fuego. La retención de sales de boro en la madera mide la idoneidad del tratamiento de impregnación y la aptitud que tiene una especie para su preservación y reacción al fuego. Los objetivos de la investigación fueron, por una parte, determinar su densidad aparente y su capacidad de retención de sales de boro y, por otra, medir el tiempo de ignición y la pérdida de masa en pruebas de reacción al fuego. La investigación comprobó la capacidad de retención de sales de boro de *Spathodea campanulata* (Tulipán africano), *Fraxinus americana* (Fresno blanco) y *Albizia plurijuga* (Tepehuaje). Para cada especie, se impregnaron cuarenta probetas de pequeñas dimensiones con el método de baño caliente-frío con una solución de ácido bórico y borato de sodio con concentraciones de uno, dos y tres por ciento. Se determinaron la densidad y el contenido de humedad de la madera. Se realizaron pruebas de reacción al fuego con duración de dos minutos y se midieron el tiempo de ignición y la pérdida de masa. El impregnado de la madera con sales de boro aumenta la resistencia aparente de la madera a la exposición al fuego. A medida que la densidad de la madera aumenta, los tiempos de ignición se incrementan y, a la vez, se disminuye la pérdida de masa.

Palabras clave: impregnación de la madera, retención, densidad aparente, tiempo de ignición, pérdida de masa.

Abstract

Wood is a combustible material; therefore, it is important to investigate techniques to increase its resistance to fire. The retention of boron salts in wood measures the suitability of the impregnation treatment and the aptitude of one species for its preservation and reaction to fire. The objectives of this

Sumario: 1 Introducción, 2 Materiales y Métodos, 3 Resultados y Discusión, 4 Conclusiones.

Como citar: Sotomayor Castellanos, J. R., & Ávila Calderón, L. E. A. (2021). Reacción al Fuego de Tres Maderas Angiospermas Impregnadas con Sales de Boro. *Revista Tecnológica - Espol*, 33(1), 35-48.
<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/818>

research are, on one hand, to determine the apparent density of this kind of wood and its capacity to retain boron salts and on the other hand, to measure ignition time and mass loss in reaction to fire tests. The investigation verified the capacity of retention of boron salts of *Spathodea campanulata* (Tulipán africano), *Fraxinus americana* (Fresno blanco) and *Albizia plurijuga* (Tepehuaje). For each species, forty small specimens were impregnated with the hot-cold bath method with a solution of boric acid and sodium borate with concentrations of one, two, and three percent. The density and moisture content of the wood were determined. Fire reaction tests were conducted lasting two minutes and the ignition time and mass loss were measured. Impregnated wood with boron salts increases the apparent resistance of wood to fire exposure. The density of the wood increases with the increase of ignition time whereas mass loss decreases.

Keywords: Wood impregnation, retention, apparent density, ignition time, mass loss.

1. Introducción

La madera es un material combustible, motivo por el cual arquitectos, diseñadores de elementos de construcción y fabricantes de muebles se han preocupado por indagar sobre las técnicas que permiten aumentar la resistencia de esta al fuego (Atar et al., 2011; Bartlett et al., 2019). Para tal propósito, se han desarrollado diferentes enfoques de investigación. Por ejemplo, aquel que efectúa pruebas con configuraciones que simulan condiciones reales de incendio para así poder recomendar criterios de diseño y cálculo estructural (Östman, 2017; Ali et al., 2019). Otro enfoque, en cambio, prefiere realizar pruebas de laboratorio con pequeñas probetas, con el objetivo de estudiar las variables que intervienen en la fenomenología de la reacción de la madera al fuego (Harada, 2001; Osvaldová, 2018). Otra perspectiva alude a las sustancias preservantes y los métodos de impregnación con el fin de, a partir de la caracterización del fenómeno de ignición de la madera, disminuir su deterioro cuando se expone al fuego (Tondi et al., 2012; Wang et al., 2017 Gaff et al., 2019).

La medición de los niveles de retención de sales de boro en la madera facilita establecer la idoneidad de un determinado tratamiento de impregnación y la aptitud que tiene una especie para preservarse del fuego (Koumbi-Mounanga et al., 2015, Pereira et al., 2017). Existe evidencia empírica de que, si una probeta de madera de pequeñas dimensiones es impregnada con sales de boro y expuesta al fuego, el tiempo de ignición y la pérdida de masa disminuyen (Sogutlu et al., 2011; Uner et al., 2016; Jin & Chung, 2018). En este proceso intervienen, entre otros factores, la especie, su densidad aparente, la retención de la sustancia preservante, así como las condiciones de laboratorio en las cuales se realizan las pruebas de reacción al fuego (Babrauskas, 2002; Osvaldová et al., 2016). La información revisada sobre el tema en la literatura es amplia y los resultados hallados en esta son diferentes en cada caso.

Como ya se mencionó, uno de los factores que influye en el momento de evaluar el comportamiento de la madera expuesta al fuego es la densidad aparente, porque cuando esta aumenta el tiempo de ignición también se incrementa (Osvaldová, 2018). Por su parte, el tiempo de ignición, que es un factor importante para evaluar el comportamiento de combustión de los materiales, se define como el lapso requerido para percibir la flama sostenida en la superficie de una muestra expuesta a un flujo de calor incidente, y, cuanto más corto sea el tiempo de ignición, más inflamable será el material (Boonmee & Quintiere, 2002; Xu et al., 2015).

Entre tanto, la pérdida de masa, como resultado de la exposición de la madera al fuego, puede servir como indicador de la vocación de una especie para su empleo en estructuras y productos. La literatura sobre el comportamiento de la madera expuesta al fuego establece que la pérdida de masa es proporcional a la densidad de la madera (Friquin, 2011; Rocha & Landesmann, 2016) y que la pérdida de masa depende, principalmente, del tipo de especie maderable, de la temperatura y el tiempo de exposición al calor ígneo (Ragan et al., 2016).

P. Beauv ha estudiado las características tecnológicas de la especie *Spathodea campanulata*. Britton y Rose, además de otros autores, como Silva et al. (2010), Sotomayor (2015) y Tamarit y López (2017), han estudiado las especies *Fraxinus americana* y *Albizia plurijuga* (Standl.). Sin embargo, no se detectó información sobre su reacción al fuego en un contexto en el que estas especies hayan sido

impregnadas previamente con sales de boro. Los objetivos de la investigación fueron, por una parte, determinar su densidad aparente y su capacidad de retención de sales de boro y, por otra, medir el tiempo de ignición y la pérdida de masa en pruebas de reacción al fuego.

2. Materiales y Métodos

Las piezas de madera de *S. campanulata*, *F. americana* y *A. plurijugata* se recolectaron en aserraderos del Estado de Michoacán, México. Para cada especie se prepararon 40 probetas, con dimensiones de 0,02 m x 0,02 m de sección y 0,4 m de largo, orientadas, respectivamente, en las direcciones radial, tangencial y longitudinal de la madera, tal como lo estipula la norma ISO 3129:2012 (International Organization for Standardization, 2012). Las probetas contenían solo madera de duramen, libre de defectos de crecimiento. Se almacenaron en una cámara de acondicionamiento durante 12 meses, con una temperatura de 20 °C (± 1 °C) y una humedad relativa del aire de 65 % (± 2 %) hasta que su peso alcanzó un valor constante. El material experimental de esta investigación corresponde al mismo tipo que Sotomayor y Ávila utilizaron y reportaron (2019) en experimentos que se realizaron de manera paralela a la presente investigación.

El contenido de humedad se calculó en un grupo adicional de 20 muestras, obtenidas del recorte que se efectuó, después de las pruebas, en un extremo de las probetas, con dimensiones de 0,02 m x 0,02 m x 0,06 m. El contenido de humedad se determinó por el método de diferencia de pesos, que realiza su cálculo de acuerdo con la norma ISO 13061-1:2014 (International Organization for Standardization, 2014a). La densidad aparente de la madera se determinó de acuerdo con la norma ISO 13061-2:2014 (International Organization for Standardization, 2014b). Cabe señalar que, para aligerar el texto cuando conviene, se ha utilizado el término “densidad” en lugar del concepto “densidad aparente”.

Proceso de impregnación

Las probetas se impregnaron con el método baño caliente-frío, siguiendo el protocolo propuesto por Ávila et al. (2012). Se prepararon 30 litros de solución de trihidróxido de boro (ácido bórico, 39,4 %) y tetraborato de sodio (borato de sodio, 60,6 %) con tres concentraciones: 1 %, 2 % y 3 %, tal como lo establece la norma NMX-C-178-ONNCCE-2014 (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, 2014). La madera se sumergió durante 8 h en un baño de agua con temperatura de 60 °C y presión atmosférica. A continuación, las probetas se sumergieron durante 16 h en un baño frío, con la solución de sales de boro a temperatura de 23 °C y presión atmosférica.

La retención se determinó con la fórmula (1) (Simsek et al., 2013):

$$R = \frac{(P_{DT} - P_{AT}) \times C}{V_{DT}} \quad (1)$$

Donde:

R = Retención (kg m⁻³)

P_{DT} = Peso después del tratamiento de impregnación (kg)

P_{AT} = Peso antes del tratamiento de impregnación (kg)

C = Concentración de sales de boro (%)

V_{DT} = Volumen después del tratamiento de impregnación (m³)

Pruebas de reacción al fuego

Las pruebas de reacción al fuego se llevaron a cabo según el protocolo reportado por Sotomayor y Carrillo (2017). La metodología implementada para dichas pruebas se dividió en las siguientes etapas:

1. Se midieron el peso y las dimensiones de la probeta antes del tratamiento.
2. La probeta se posicionó en el dispositivo para las pruebas de comportamiento al fuego (Figura 1). Su orientación siguió la dirección radial, lo que coincidió con el flujo vertical de la flama.

3. La probeta se expuso durante 2 minutos al fuego directo de la flama de un mechero de laboratorio tipo Meker-Fisher, con regulación de aire y de gas, quemador de 0,03 m de diámetro y temperatura máxima de 1300 °C.
4. Con un cronómetro se midió el tiempo de ignición (t_{ign}) definido de acuerdo con el tiempo que transcurrió hasta que la ignición apareció en al menos tres de las caras de la probeta expuestas a la flama.
5. La probeta se retiró de la flama y se interrumpió su combustión en una cama de arena.
6. La masa de la zona carbonizada se retiró y, luego, se procedió a medir el peso de la probeta después del tratamiento.

Figura 1

Dispositivo para las pruebas de comportamiento al fuego



La pérdida de masa se determinó con la fórmula (2) (Gaff et al., 2019):

$$\Delta m = \frac{P_{AT} - P_{DT}}{P_{AT}} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

Δm = Pérdida de masa (%)

P_{AT} = Peso antes de la exposición al fuego (kg)

P_{DT} = Peso después de la exposición al fuego (kg)

Diseño experimental

Se examinaron tres unidades experimentales, que se organizaron en torno a cada una de las siguientes especies: *S. campanulata*, *F. americana* y *A. plurijuga*. El factor de variación fue el tratamiento de impregnación con cuatro niveles de concentración de sales de boro: 1 %, 2 %, y 3 %. El grupo de control fue el del nivel cero, y no se le dio tratamiento. Para cada especie y cada concentración, se efectuaron muestras independientes de diez probetas cada una, por lo que en total se analizaron 120 probetas (3 x 4 x 10). Las variables de respuesta fueron la densidad aparente (ρ_{CH}), la retención de sales de boro (R), el tiempo de ignición (t_{ign}) y la pérdida de masa (Δm). El contenido de humedad (CH) se consideró variable de referencia y no intervino en los resultados.

Para cada variable se calculó su media (\bar{x}), su desviación estándar (σ) y su coeficiente de variación porcentual ($CV = \sigma/\bar{x}$). Se determinó su normalidad en la distribución con el criterio de demarcación para el sesgo estandarizado (SE) y para el apuntamiento estandarizado (AE): $[-2 < SE \text{ y/o } AE < +2]$; se verificaron la igualdad de varianzas (Ver-var) con la hipótesis nula: $H_0: \sigma_1 = \sigma_2$, con un nivel de significancia de 5 % ($\alpha = 0,05$). Luego, se practicaron análisis de varianza (Anova) con la hipótesis nula: $H_0: \bar{x}_1 = \bar{x}_2$, con un nivel de significancia de 5 % ($\alpha = 0,05$). El criterio de demarcación fue aceptar una diferencia estadísticamente significativa para valores $P_{(\alpha = 0,05)} < 0,05$. Cuando no se confirmó la normalidad en la distribución de las muestras, se realizaron pruebas no paramétricas de

Kruskal-Wallis de diferencia de medianas (\bar{X}) para un nivel de confiabilidad del 95 %. Para las pruebas no paramétricas, las hipótesis resultaron similares, pero se emplearon las medianas.

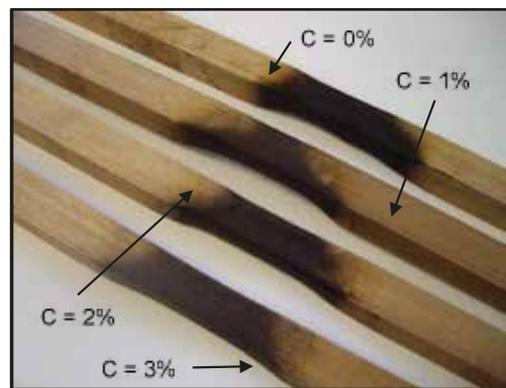
3. Resultados y Discusión

Las maderas de *S. campanulata*, *F. americana* y *A. plurijuga* alcanzaron un contenido de humedad equilibrado, con un promedio de 10 %, un coeficiente de variación de 8 %. Estos parámetros indican que la madera se acondicionó a un estado de humedad seco y homogéneo, de tal forma que la variación en el contenido de humedad de la madera no intervino de modo significativo en los resultados.

El impregnado de la madera con sales de boro sí aumentó la resistencia aparente de la madera a la exposición del fuego. A medida que la concentración de sales de boro se incrementó, la pérdida de masa en la zona de combustión disminuyó (Figura 2).

Figura 2

Disminución de la sección transversal en función de la concentración (C) en probetas de *A. plurijuga*



Densidad

Las magnitudes de las densidades de la madera sin tratamiento ($C = 0\%$) de *S. campanulata*, *F. americana* y *A. plurijuga* (Tabla 1) son similares a las reportadas en la bibliografía (Silva *et al.*, 2010; Sotomayor, 2015; Tamarit & López, 2017). En el siguiente cuadro (Tabla 1), las densidades correspondientes a cada especie siguen el ordenamiento: *S. campanulata* > *F. americana* > *A. plurijuga*. Además, evidencia que los coeficientes de variación de la densidad de la madera sin tratamiento aumentan o disminuyen dependiendo de la especie o de la concentración. No se observa una tendencia definida hacia la disminución, pero tampoco se advierte un aumento desproporcional ocasionado por el tratamiento.

Tabla 1

Resultados de las pruebas de exposición al fuego

C (%)		ρ_{CH} (kg m^{-3})	R (kg m^{-3})	t_{ign} (s)	Δm (%)
<i>S. campanulata</i>					
0	\bar{x}	351	0	12,7	6,0
	CV	(6,3)	-	(36,2)	(30,2)
1	\bar{x}	351	2,3	11,3	6,4
	CV	(6,4)	(4,6)	(30,1)	(26,5)
2	\bar{x}	336	4,2	12,6	6,4
	CV	(3,9)	(4,8)	(21,6)	(9,3)
3	\bar{x}	340	6,4	11,1	6,4
	CV	(8,5)	(6,4)	(10,8)	(4,6)
<i>F. americana</i>					
0	\bar{x}	654	0	11,6	6,2
	CV	(5,6)	-	(13,6)	(6,7)
1	\bar{x}	616	1,6	13,7	5,8

	(CV	(3,6)	(9,5)	(1,6)	(9,1)
2	\bar{x}	619	3,3	17,0	5,7
	CV	(7,5)	(6,3)	(11,1)	(13,7)
3	\bar{x}	610	5,3	21,5	5,5
	CV	(4,8)	(10,2)	(7,7)	(10,0)
<i>A. plurijuga</i>					
0	\bar{x}	830	0	15,0	4,4
	CV	(2,7)	-	(15,7)	(8,8)
1	\bar{x}	831	1,3	19,3	3,9
	CV	(2,2)	(9,8)	(14,7)	(6,7)
2	\bar{x}	846	2,7	20,6	4,1
	CV	(5,0)	(5,9)	(12,8)	(7,8)
3	\bar{x}	816	3,7	25,3	3,9
	CV	(2,8)	(7,3)	(5,9)	(2,5)

ρ_{CH} = Densidad; R = Retención; t_{ign} = Tiempo de ignición; Δm = Pérdida de masa; C = Concentración; \bar{x} = Media; CV = Coeficiente de variación en porciento y entre paréntesis.

Fuente: Elaboración propia

Las distribuciones de todas las muestras resultaron normales (Tabla 2), con excepción de las de *S. campanulata* sin tratamiento (C = 0 %: SE y AE > 2). Las pruebas de verificación y análisis de varianza no muestran diferencias estadísticamente significativas ($P_{(\alpha=0,05)} > 0,05$) para *S. campanulata* y *A. plurijuga* (Tabla 3). Un caso diferente corresponde a las densidades de *F. americana*, las cuales muestran una diferencia significativa ($P_{(\alpha=0,05)} < 0,05$). Las pruebas de grupos homogéneos indican que, para *S. campanulata*, las densidades, según las concentraciones (grupos de muestras en la Tabla 3), son homogéneas entre ellas. En cambio, para *F. americana* y *A. plurijuga* se agrupan y combinan en diferentes concentraciones.

Tabla 2

Resultados de las pruebas de normalidad

	C = 0 %		C = 1 %		C = 2 %		C = 3 %	
	SE	AE	SE	AE	SE	AE	SE	AE
<i>S. campanulata</i>								
ρ_{CH}	2,6840	2,8500	-0,5667	-0,5415	-0,0072	0,3682	0,5001	0,0054
R	-	-	-0,1245	0,4658	-0,6149	-0,4818	0,0429	1,3880
t_{ign}	1,6960	1,2850	-0,0591	-1,1030	0,5755	-0,7850	-0,3009	-0,2379
Δm	1,7510	0,5705	-0,8481	0,3336	1,3910	1,4280	0,7590	0,4514
<i>F. americana</i>								
ρ_{CH}	0,2382	-1,2460	0,4932	-0,2227	0,2952	-0,6957	-0,8263	-0,9480
R	-	-	-0,2723	0,1108	-0,2013	-0,6870	0,7573	-0,6038
t_{ign}	-0,2959	-0,5296	0,0393	-0,4225	-0,8023	1,1660	1,0780	0,9941
Δm	1,8630	0,3033	-0,0572	-0,5249	0,9110	-0,1152	0,2073	-0,7578
<i>A. plurijuga</i>								
ρ_{CH}	-0,0899	-0,8442	-0,5070	-0,5870	0,0227	-0,1543	-0,8722	0,5468
R	-	-	-0,1431	-0,7043	0,5075	-0,6602	-1,6640	1,1280
t_{ign}	1,725	0,6590	1,0740	0,1032	1,3510	0,6334	-0,8252	-0,6403
Δm	-0,3254	-0,1120	-0,6241	-0,7839	-0,7292	1,2100	-0,7764	0,2558

C = Concentración; SE = Sesgo estandarizado; AE = Apuntalamiento estandarizado; ρ_{CH} = Densidad; R = Retención; t_{ign} = Tiempo de ignición; Δm = Pérdida de masa.

Fuente: Elaboración propia

Retención

Los resultados de las retenciones de sales de boro obtenidos en esta investigación (Tabla 1) son similares a los reportados en la bibliografía sobre especies mexicanas en las que se han aplicado protocolos experimentales parecidos a los de esta investigación. Sotomayor y Correa (2016) reportan para *S. campanulata* ($\rho_{CH} = 357 \text{ kg m}^{-3}$) una retención de $14,31 \text{ kg m}^{-3}$; para *A. religiosa* ($\rho_{CH} = 419 \text{ kg m}^{-3}$), una retención de 7,23 %; y para *G. ulmifolia* ($\rho_{CH} = 739 \text{ kg m}^{-3}$), una retención de 9,7 %. Por su parte, Sotomayor y Villaseñor (2016) reportan valores de retención que varían en el intervalo de 4,07 % hasta 14,18 % para diez especies mexicanas: *Tilia mexicana*, *Cupressus lindley*, *Alnus acuminata*, *Cedrela odorata*, *Fraxinus uhdei*, *Lysiloma bahamensis*, *Fagus mexicana*, *Caesalpinia granadillo*,

Platymiscium dimorphandrum y *Quercus* spp. Los coeficientes de variación de las retenciones aumentan a medida que las concentraciones se incrementan para *S. campanulata*, *F. americana* y *A. plurijuga*, (Tabla 1). No se observa en estos una disposición relacionada con la especie o con la densidad.

Tabla 3

Resultados de las pruebas estadísticas

	Ver-var P($\alpha = 0,05$)	Anova P($\alpha = 0,05$)	K-W P($\alpha = 0,05$)	C (%)	Grupos homogéneos			
<i>S. campanulata</i>								
ρ_{CH}	0,4344	-	0,2996	0	X			
	-	-	-	1	X			
	-	-	-	2	X			
	-	-	-	3	X			
R	0,1111	< 0,0001	-	0	X			
	-	-	-	1		X		
	-	-	-	2			X	
	-	-	-	3				X
t_{ign}	0,1080	0,5679	-	0	X			
	-	-	-	1	X			
	-	-	-	2	X			
	-	-	-	3	X			
Δm	0,0703	0,8787	-	0	X			
	-	-	-	1	X			
	-	-	-	2	X			
	-	-	-	3	X			
<i>F. americana</i>								
ρ_{CH}	0,1451	0,0312	-	0	X			
	-	-	-	1	X			
	-	-	-	2	X			
	-	-	-	3		X		
R	0,0003	-	< 0,0001	0	X			
	-	-	-	1		X		
	-	-	-	2			X	
	-	-	-	3				X
t_{ign}	0,9857	< 0,0001	-	0	X			
	-	-	-	1		X		
	-	-	-	2			X	
	-	-	-	3				X
Δm	0,2446	0,0718	-	0	X			
	-	-	-	1	X	X		
	-	-	-	2	X	X		
	-	-	-	3		X		
<i>A. plurijuga</i>								
ρ_{CH}	0,1162	0,1403	-	0	X			
	-	-	-	1	X	X		
	-	-	-	2	X	X		
	-	-	-	3		X		
R	0,0244	-	< 0,0001	0	X			
	-	-	-	1		X		
	-	-	-	2			X	
	-	-	-	3				X
t_{ign}	0,4610	< 0,0001	-	0	X			
	-	-	-	1		X		
	-	-	-	2		X		
	-	-	-	3			X	
Δm	0,0849	0,0017	-	0	X			
	-	-	-	1	X			
	-	-	-	2	X	X		
	-	-	-	3		X		

Ver-var= Pruebas de verificación de varianza; Anova = Prueba de análisis de varianza; K-W = Pruebas de Kruskal-Wallis; C = Concentración; ρ_{CH} = Densidad; R = Retención; t_{ign} = Tiempo de ignición; Δm = Pérdida de masa.

Fuente: Elaboración propia

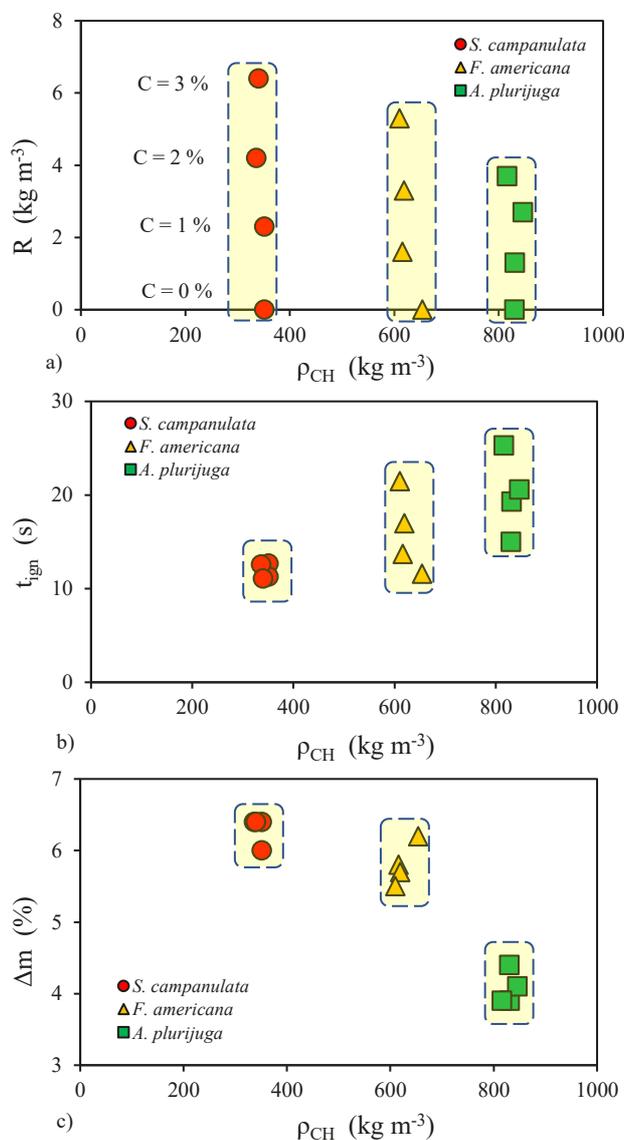
Las distribuciones de los resultados de las retenciones del grupo de control y de las muestras de las tres concentraciones resultaron normales, con excepción de la retención alcanzada con la concentración de 2 % para *A. plurijuga* (Tabla 2). Sin embargo, los valores medios de la retención presentan diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con el nivel de concentración de sales

de boro y entre especies (Tabla 3). En el mismo contexto, las pruebas de rangos múltiples indican que, para las tres especies en estudio, existen diferencias entre los cuatro grupos analizados.

Las retenciones de sales de boro en *S. campanulata*, *F. americana* y *A. plurijuga* disminuyen con relación a la densidad de la madera (Figura 3a), además, se observa una tendencia al agrupamiento en las magnitudes de las retenciones a medida que la densidad aumenta, como es el caso para *A. plurijuga*. Al respecto, es importante mencionar que las retenciones correspondientes a un valor $R = 0$ (Figura 5a) se refieren a las probetas sin tratamiento, es decir, una concentración de boro igual a cero ($C = 0\%$). Por el contrario, en las tres especies del estudio, las retenciones aumentan en función de la concentración utilizada y, cabe señalar, que lo hacen con fuertes coeficientes de determinación ($R^2 = 0,99$) (Figura 4a). Estos resultados corroboran los reportados por Toker *et al.* (2009) para maderas de *Pinus brutia* ($\rho_{CH} = 532 \text{ kg m}^{-3}$) y *Fagus orientalis* ($\rho_{CH} = 520 \text{ kg m}^{-3}$), sobre las cuales también se impregnaron concentraciones similares de sales de boro. Igualmente, las magnitudes de las retenciones, considerando las concentraciones utilizadas en esta investigación, son del mismo orden que las encontradas por Temiz *et al.* (2008) para madera de *Alnus glutinosa* ($\rho_{CH} = 503 \text{ kg m}^{-3}$) y *Pinus sylvestris* ($\rho_{CH} = 520 \text{ kg m}^{-3}$).

Figura 3

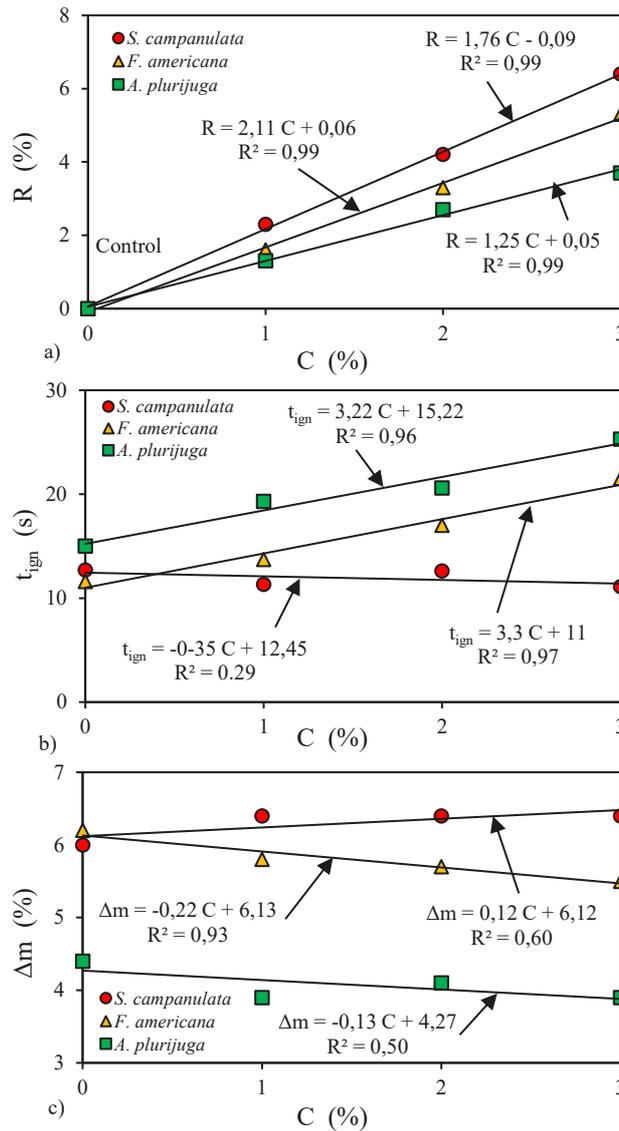
Dispersiones de a), la retención (R); b), del tiempo de ignición (t_{ign}); y c), de la pérdida de masa (Δm), en función de la densidad aparente (ρ_{CH}) para las concentraciones de 1 %, 2 % y 3 % de sales de boro



Fuente: Elaboración propia

Figura 4

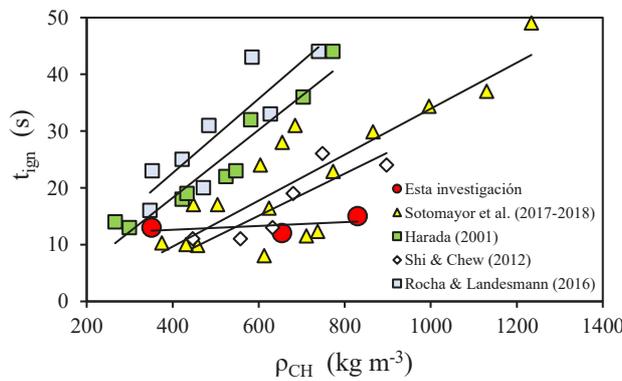
Correlaciones y coeficientes de determinación (R^2): de a) la retención (R); b) del tiempo de ignición (t_{ign}); y c) de la pérdida de masa (Δm), en función de las concentraciones de 1%, 2% y 3% de sales de boro



Fuente: Elaboración propia

Figura 5

Dispersiones de los tiempos de ignición (t_{ign}) en función de las densidades aparentes (ρ_{CH}) y sus correlaciones, detalladas en la Tabla 4



Fuente: Elaboración propia

Tiempo de ignición

Los tiempos promedio de ignición medidos, para *S. campanulata*, *F. americana* y *A. plurijuga* (Tabla 1), son similares a los reportados en la bibliografía (Tabla 5) para maderas mexicanas cuyos protocolos experimentales fueron similares a los utilizados en esta investigación (Sotomayor & Carrillo, 2017; Sotomayor *et al.*, 2018; Sotomayor & Gallegos, 2018; Sotomayor & Giraldo, 2017; Sotomayor & Osvaldová, 2017). Sin embargo, a diferencia de lo reportado en la bibliografía, en la madera no impregnada, no se observa una tendencia al aumento del tiempo de ignición a medida que la densidad de la madera aumenta (Harada, 2001; Shi & Chew, 2019; Rocha & Landesmann, 2016). Estas tendencias se muestran en la Figura 3b con modelos lineales empíricos (Tabla 4), calculados a partir de los resultados obtenidos en esta investigación y de la bibliografía (ambos enlistados en la Tabla 5). El coeficiente de determinación de la correlación $t_{ign} = f(\rho_{CH})$ se calculó con los resultados de esta investigación (Tabla 4); su resultado estableció que este es 64 % menor, en promedio, en comparación con los coeficientes R^2 de la bibliografía.

Tabla 4

Correlaciones de las Figuras 5 y 6

Autor	Correlación $t_{ign} = f(\rho_{CH})$	R^2
Esta investigación (2019)	$t_{ign} = 0,0034 \rho_{CH} + 11,28$	0,28
Sotomayor <i>et al.</i> (2017-2018)	$t_{ign} = 0,041 \rho_{CH} - 6,54$	0,71
Shi y Chew (2012)	$t_{ign} = 0,037 \rho_{CH} - 7,18$	0,75
Rocha y Landesmann (2016)	$t_{ign} = 0,065 \rho_{CH} - 3,53$	0,76
Harada (2001)	$t_{ign} = 0,059 \rho_{CH} - 5,66$	0,92
Autor	Correlación $\Delta m = f(\rho_{CH})$	R^2
Esta investigación (2019)	$\Delta m = -0,0029 \rho_{CH} + 7,31$	0,51
Sotomayor <i>et al.</i> (2017-2018)	$\Delta m = -0,019 \rho_{CH} + 27,12$	0,89
Sotomayor y Carrillo (2017)	$\Delta m = -0,0085 \rho_{CH} + 10,15$	0,94
Sotomayor y Gallegos (2018)	$\Delta m = -0,0244 \rho_{CH} + 322,46$	0,85

t_{ign} = Tiempo de ignición; Δm = Pérdida de masa; ρ_{CH} = Densidad; R^2 = Coeficiente de determinación.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5

Densidades aparentes, tiempos de ignición y pérdidas de masa para maderas no impregnadas en la bibliografía

Especies mexicanas	ρ_{CH} (kg m^{-3})	t_{ign} (s)	Δm (%)	Especies internacionales	ρ_{CH} (kg m^{-3})	t_{ign} (s)
Sotomayor y Carrillo (2017)			Harada (2001)			
<i>Tabebuia rosea</i>	613	8	5,3	<i>Cryptomeria japonica</i>	299	13
<i>Andira inermis</i>	737	12	3,6	<i>Thujaops dolabrata</i>	422	18
<i>Juglans pyriformis</i>	773	23	3,5	<i>Pinus densiflora</i>	433	19
<i>Quercus spp.</i>	866	30	2,6	<i>Larix leptolepsis</i>	524	22
<i>Cordia elaeagnoides</i>	996	34	2,0	<i>Paulownia tomentosa</i>	266	14
Sotomayor <i>et al.</i> (2018)			Sotomayor <i>et al.</i> (2018)			
<i>Tabebuia donnell-smithii</i>	448	17	20,8	<i>Juglans soeboldiana</i>	547	23
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	504	17	18,7	<i>Fagus crenata</i>	581	32
<i>Tabebuia rosea</i>	604	24	15,9	<i>Zelkova serrata</i>	703	36
<i>Swietenia humilis</i>	655	28	14,9	<i>Quercus mongolica</i>	772	44
<i>Lysiloma acapulcensis</i>	685	31	10,4	Shi y Chew (2012)		
<i>Cordia elaeagnoides</i>	1130	37	7,8	<i>Pinus contorta</i>	447	11
<i>Tabebuia chrysantha</i>	1234	49	4,2	<i>Fagus grandifolia</i>	632	13
Sotomayor y Gallegos (2018)			Sotomayor y Gallegos (2018)			
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	458	10	11,8	<i>Prunus serotina</i>	558	11
<i>Tabebuia rosea</i>	624	16	5,7	<i>Quercus rubra</i>	897	24
<i>Juniperus pyriformis</i>	711	12	6,1	<i>Acer nigrum</i>	748	26
Sotomayor y Osvaldová (2017)			Rocha y Landesmann (2016)			
<i>Abies religiosa</i>	431	10	5,4	<i>Joannesia princeps</i>	352	23
Sotomayor y Giraldo (2017)			Sotomayor y Giraldo (2017)			
<i>Gyrocaupus americanus</i>	375	10	9,0	<i>Cedrela, lilloi</i>	422	25
-	-	-	-	<i>Schizolobium parahyba</i>	347	16
-	-	-	-	<i>Ocotea porosa</i>	584	43
-	-	-	-	<i>Capsicodendron dinisii</i>	471	20
-	-	-	-	<i>Peltophorum dubium</i>	627	33
-	-	-	-	<i>Zanthoxylum chiloperone</i>	739	44
-	-	-	-	<i>Pinus caribaea</i>	484	31

ρ_{CH} = Densidad; R = Retención; t_{ign} = Tiempo de ignición; Δm = Pérdida de masa.

Fuente: Elaboración propia

Los tiempos de ignición, para *S. campanulata*, *F. americana* y *A. plurijuga*, aumentan a medida que la densidad de la madera se incrementa, tanto para el grupo de referencia ($C = 0\%$) como para las tres concentraciones de sales de boro (Figura 3b). Se observa igualmente una tendencia a la dispersión de los valores del tiempo de ignición a medida que la concentración aumenta. Además, los tiempos de ignición, para *F. americana* y *A. plurijuga*, aumentan conforme la concentración de sales de boro se incrementa, con fuertes coeficientes de determinación (Figura 4b). Estos resultados coinciden con los reportados por Toker *et al.* (2009) para maderas de *Pinus brutia* ($\rho_{CH} = 532 \text{ kg m}^{-3}$) y *Fagus orientalis* ($\rho_{CH} = 520 \text{ kg m}^{-3}$), las cuales se impregnaron con concentraciones de sales de boro similares a las que se utilizaron en esta investigación. *S. campanulata* es un caso diferente, ya que muestra una ligera tendencia a disminuir del tiempo de ignición y un coeficiente de determinación muy débil.

Pérdida de masa

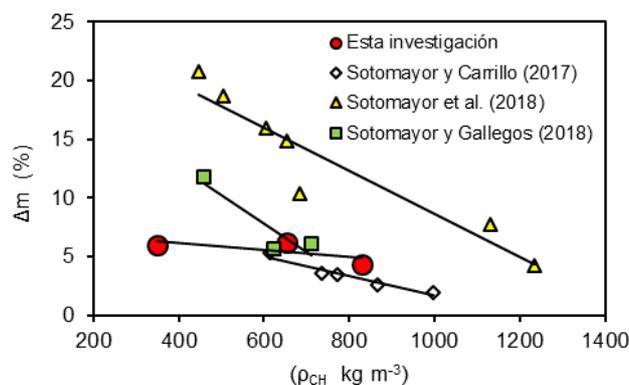
Las magnitudes de la pérdida de masa observadas en *S. campanulata*, *F. americana* y *A. plurijuga* (Tabla 1) son similares a las que se reportan en la bibliografía para maderas mexicanas (Tabla 5). Las pruebas de normalidad en las distribuciones de las muestras de las tres especies, así como de las tres concentraciones de sales de boro y del grupo de control ($C = 0\%$) fueron normales. Igualmente, para cada especie, en las pruebas de verificación y análisis de varianza hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de control y las tres concentraciones estudiadas (Tabla 3). Sin embargo, con excepción de *S. campanulata*, tanto las densidades como los tiempos de ignición y la pérdida de masa resultaron no homogéneos entre las cuatro concentraciones.

La Figura 3c evidencia que la pérdida de masa disminuye a medida que la densidad de la madera aumenta (Figura 3c). Debido a que el protocolo experimental utilizado en esta investigación es diferente al reportado en la bibliografía, su contrastación es compleja. Sin embargo, esta tendencia coincide con las que se muestran en la Figura 6. En la Tabla 4 se detallan las correlaciones y coeficientes de determinación, así como las correlaciones lineales construidas con datos recolectados en la literatura (Tabla 5).

Estos corolarios coinciden con los de Toker *et al.* (2009) para maderas de *Pinus brutia* ($\rho_{CH} = 532 \text{ kg m}^{-3}$) y *Fagus orientalis* ($\rho_{CH} = 520 \text{ kg m}^{-3}$), impregnadas con concentraciones de sales de boro similares a las que se utilizaron en esta investigación. A partir de esta coincidencia se deduce que la pérdida de masa disminuye cuando la densidad de la madera aumenta. El coeficiente de determinación correspondiente a la correlación calculada, tomando como base los resultados de esta investigación (Tabla 4), es en promedio 57 % menor que los coeficientes reportados por los autores mencionados en esta tabla. Respecto a la pérdida de masa en función de la concentración de sales de boro, para *F. americana* y *A. plurijuga*, se observan ligeras tendencias a la disminución. Un caso diferente muestra *S. campanulata*, cuya regresión es positiva (Figura 4c).

Figura 6

Dispersiones de la pérdida de masa (Δm) en función de las densidades aparentes (ρ_{CH}) y sus correlaciones, detalladas en la Tabla 4



Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones

El método baño caliente-frío permite impregnar con sales de boro las maderas de *S. campanulata*, *F. americana* y *A. pluriijuga*. El tratamiento con concentraciones de 1 %, 2 % y 3 % no altera de manera significativa las densidades de estas tres especies. El impregnado aumenta la resistencia aparente de la madera a la exposición al fuego. Además, retarda los tiempos de ignición y disminuye la pérdida de masa cuando la madera es expuesta al fuego en condiciones de laboratorio.

La madera de *S. campanulata* impregnada con las sales de boro al 3 % presenta las retenciones (6,4 kg m⁻³) y la pérdida de masa (6,4 %) más altas y el tiempo de ignición menor (11,1 s).

Con todo, las magnitudes de las retenciones, los tiempos de ignición y la pérdida de masa son diferentes para cada especie y concentración. Las retenciones fueron proporcionales a la concentración e inversamente proporcional a la densidad. Los tiempos de ignición se incrementan a medida que la densidad de la madera aumenta y la concentración de sales de boro aumenta. La pérdida de masa disminuye en función de la densidad aparente de la madera. No se observa tendencias claras respecto a la pérdida de masa en función de la concentración de sales de boro. Estos resultados encuentren aplicación práctica en la selección e impregnado de la madera para su uso en la industria de la construcción.

Referencias

- Ali, S., Hussain, S. A., and Tohir, M. Z. M. (2019). Fire test and effects of fire retardant on the natural ability of timber: a review. *Pertanika Journal of Science & Technology*, (27), 867-895. <http://psasir.upm.edu.my/id/eprint/68698/>
- Atar, M., Keskin, H., Korkut, S., and Korkut, D. S. (2011). Impact of impregnation with boron compounds on combustion properties of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and varnishes. *African Journal of Biotechnology*, (10), 2867-2874. <https://doi.org/10.5897/AJB10.1567>
- Ávila, L. E. A., Herrera, M. A., y Raya, D. (2012). *Preservación de la madera en México*. México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Babrauskas, V. (2002). Ignition of wood: A review of the state of the art. *Journal of Fire Protection Engineering*, (12), 163-189. DOI: 10.1177/10423910260620482
- Bartlett, A. I., Hadden, R. M., & Bisby, L. A. (2019). A review of factors affecting the burning behaviour of wood for application to tall timber construction. *Fire Technology*, (55), 1-59. DOI: /10.1007/s10694-018-0787-y
- Boonmee, N., & Quintiere, J. G. (2002). Glowing and flaming autoignition of wood. *Proceedings of the Combustion Institute*, (29), 289-296. DOI: 10.1016/S1540-7489(02)80039-6
- Friquin, K. (2011). Material properties and external factors influencing the charring rate of solid wood and glue-laminated timber. *Fire and Materials*, (35), 303-327. DOI: 10.1002/fam.1055
- Gaff, M., Kačík, F., Gašparík, M., Todaro, L., Jones, D., Corleto, R., Osvaldová, L. M., & Čekovská, H. (2019). The effect of synthetic and natural fire-retardants on burning and chemical characteristics of thermally modified teak (*Tectona grandis* L. f.) wood. *Construction and Building Materials*. (200), 551-558. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2018.12.106
- Harada, T. (2001). Time to ignition, heat release rate and fire endurance time of wood in cone calorimeter test. *Fire and Materials*, (25), 161-167. DOI: 10.1002/fam.766
- International Organization for Standardization, Geneva (2012). *ISO 3129:2012. Wood. Sampling methods and general requirements for physical and mechanical testing of small clear wood specimens*. <https://www.iso.org/standard/52489.html>

- International Organization for Standardization, Geneva (2014a). *ISO 13061-1:2014. Physical and mechanical properties of wood. Test methods for small clear wood specimens. Part 1: Wood. Determination of moisture content for physical and mechanical tests.* <https://www.iso.org/standard/60063.html>
- International Organization for Standardization, Geneva (2014b). *ISO 13061-2:2014. Wood. Physical and mechanical properties of wood. Test methods for small clear wood specimens. Part 2: Determination of density for physical and mechanical tests.* <https://www.iso.org/standard/60064.html>
- Jin, E., & Chung, Y.J. (2018). Fire risk of wood treated with boron compounds by combustion test. *Fire Science and Engineering*, 32(3), 19-26. DOI: 10.7731/KIFSE.2018.32.3.019
- Koumbi-Mounanga, T., Morris, P. I., Lee, M. J., Saadat, N. M., Leblon, B. & Cooper, P. A. (2015). Prediction and evaluation of borate distribution in Eastern black spruce (*Picea mariana* var. *mariana*) wood products. *Wood Science and Technology*, (49), 457-473. DOI: 10.1007/s00226-015-0714-z
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. (2014). *Norma Mexicana NMX-C-178- ONNCCE-2014 Industria de la Construcción. Preservadores para Madera – Clasificación y Requisitos.* https://www.onncce.org.mx/es/?option=com_merchant&view=category&cid=24
- Osvaldová, L. M., Gaspercova, S., Mitrenga, P., & Osvald, A. (2016). The influence of density of test specimens on the quality assessment of retarding effects of fire retardants. *Wood Research*, (61), 35-42. <http://www.centrumdp.sk/wr/201601/04.pdf>
- Osvaldová, L. M. (2018). Density of test bodies and its effect on burning rate of fire-retardant treated samples. *MATEC Web of Conferences*, (213), 1-4. DOI: 10.1051/mateconf/201821303002
- Östman, B. A. L. (2017). Fire performance of wood products and timber structures. *International Wood Products Journal*, (8), 74-79. DOI: 10.1080/20426445.2017.1320851
- Pereira, E. E., Mota, A., Cabral, J., Campos, T., Chaves, M. D., & Benigno, J. (2017). Influence of boron compounds on the physical properties of *Eucalyptus* sp. wood. *Scientia Forestalis*, (45), 197-204. <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr113/cap20.pdf>
- Ragan, B., Kačíková, D., & Pauld'uro, M. (2016). Influence of physical and chemical characteristics of selected tree species on mass loss and rate of burning after exposure to radiant heating. *Acta Facultatis Xylologiae Zvolen*, (58), 121-131. DOI: 10.17423/afx.2016.58.2.13
- Rocha, M. A., & Landesmann, A. (2016). Combustion properties of Brazilian natural wood species. *Fire and Materials*, (40), 219-228. DOI: 10.1002/fam.2281
- Shi, L., & Chew, M. Y. L. (2019). Experimental study of woods under external heat flux by autoignition: Ignition time and mass loss rate. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, (111), 1399-1407. DOI: 10.1007/s10973-012-2489-x
- Silva, J. A., Fuentes, F. J., Rodríguez, R., Torre, P. A., Lomelí, M. A., Ramos, J., Waitkus, C., y Richter, H. G. (2010). *Fichas de propiedades tecnológicas y usos de maderas nativas de México e importadas.* México: Comisión Nacional Forestal.
- Simsek, H., Baysal, E., Yilmaz, M., & Culha, F. (2013). Some mechanical properties of wood impregnated with environmentally-friendly boron and copper based chemicals. *Wood Research*. (58), 495-504. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2010.04.028
- Sogutlu, C., Demirci, Z., Dongel, N., Ozgur Imirzi, H., Doruk, S., & Yalinkılıç, A. C. (2011). The determination of the resistance to burning of some wood types impregnated with sodium borate solution. *Wood Research*, (56), 233-244. Disponible en: <http://www.woodresearch.sk/wr/201102/09.pdf>
- Sotomayor, J. R. (2015). *Banco FITECMA de características físico-mecánicas de maderas mexicanas.* México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. <https://www.researchgate.net/>

- Sotomayor, J. R., y Ávila, L. E. A. (2019). Retención y penetración de sales de boro en tres maderas angiospermas: *Spathodea campanulata*, *Fraxinus americana* y *Albizia plurijuga*. *Revista Ciencia y Tecnología UTEQ*, 12(2), 23-31. DOI: 10.18779/cyt.v12i2.323.
- Sotomayor, J. R., y Carrillo, M. I. (2017). Comportamiento al fuego de cinco especies mexicanas. Estudio comparativo. *Investigación e Ingeniería de la Madera*, (13), 4-38. <https://www.researchgate.net/>
- Sotomayor, J. R., y Correa, S. (2016). Retención de sales de boro en la madera y su efecto en el módulo de elasticidad dinámico. *Revista Científica*, (24), 1-19. DOI: 10.14483/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.24.a9
- Sotomayor, J. R., y Gallegos, G. (2018). Reacción al fuego de madera sólida y laminada de *Enterolobium cyclocarpum*, *Tabebuia rosea* y *Juniperus pyriformis*. Estudio comparativo. *Investigación e Ingeniería de la Madera*, (14), 39-78. <https://www.researchgate.net/>
- Sotomayor, J. R., & Giraldo, M. P. (2017). Resistencia al fuego de madera densificada. *Investigación e Ingeniería de la Madera*, (13), 45-62. <https://www.researchgate.net/>
- Sotomayor, J. R., Giraldo, M. P., Haurie, L., Lacasta, A. M., Montón, J., Palumbo, M., & Navarro, A. (2018). Characterization of the fire behaviour of tropical wood species for use in the construction industry. *Investigación e Ingeniería de la Madera*, (14), 4-24. <https://www.researchgate.net/>
- Sotomayor, J. R., y Osvaldová, L. M. (2017). Resistencia al fuego de madera laminada. *Investigación e Ingeniería de la Madera*, (13), 4-21. <https://www.researchgate.net/>
- Sotomayor, J. R., & Villaseñor, J. M. (2016). Retención y absorción de solución de sales de boro de diez maderas mexicanas. *Acta Universitaria*, (26), 12-19. DOI: 10.15174/au.2016.835
- Tamarit, J. C., y López, J. L. (2007). *Xilotecnología de los principales árboles tropicales de México*. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Temiz, A., Geze, E. G., Yildiz, U. C., & Yildiz, S. (2008). Combustion properties of alder (*Alnus glutinosa* L.) Gaertn. subsp. *barbata* (C.A. Mey) Yalt.) and southern pine (*Pinus sylvestris* L.) wood treated with boron compounds. *Construction and Building Materials*, (22), 2165-2169. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2007.08.011
- Toker, H., Baysal, E., Ozcifici, A., Simsek, H., Altun, S., Yapici, F., & Goktas, O. (2009). Some combustion parameters of wood impregnated with borates. *Forest Products Journal*, 59(6), 85-89. <https://search.proquest.com/openview/e54ab24b7db695f5c6da7a7dff261562/1?pq-origsite=gscholar&cbl=25222>
- Tondi, G., Wieland, S., Wimmer, T., Thevenon, M. F., Pizzi, A., & Petutschnigg, A. (2012). Tannin-boron preservatives for wood buildings: mechanical and fire properties. *European Journal of Wood Products*, (70), 689-696. DOI 10.1007/s00107-012-0603-1
- Uner, I. H., Deveci, I., Baysal, E., Turkoglu, T., Toker, H., & Peker, H. (2016). Thermal analysis of oriental beech wood treated with some borates as fire retardants. *Maderas. Ciencia y tecnología*, (18), 293-304. DOI: 10.4067/S0718-221X2016005000027
- Wang, F., Liu, J., & Lv, W. (2017). Thermal degradation and fire performance of wood treated with PMUF resin and boron compounds. *Fire and Materials*, (41), 1051-1057. DOI: 10.1002/fam.2445
- Xu, Q. F., Chen, L. Z., Harries, K. A., Zhang, F. W., Liu, Q., & Feng, J. H. (2015). Combustion and charring properties of five common constructional wood species from cone calorimeter tests. *Construction and Building Materials*, (96), 416-427. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2015.08.062



Modelo de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para Plataformas de Telecomunicaciones y Transmisión de Datos

Maintenance Model Centered on Reliability towards Telecommunication Platforms and Data Transmission

Juan José Oliveira Maurera¹ <https://orcid.org/0000-0002-84745872>
César Omar Estaba Hernández¹

¹ Universidad de Oriente, Maturín, Venezuela
juanjoliveiram@gmail.com
cesarestaba@gmail.com

Enviado: 2021/01/19
Aceptado: 2021/04/28
Publicado: 2021/06/30

Resumen

El objetivo de esta investigación fue concebir un cuerpo teórico y práctico para *resemantizar* el modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad para su aplicación en plataformas de telecomunicaciones y transmisión de datos, lo que permite un nuevo enfoque metodológico para la gestión del mantenimiento en este tipo de infraestructura. Se trata de una propuesta innovadora en dos grandes aspectos: en primer lugar, en lo relativo a la adaptación del modelo de mantenimiento generado y su aplicabilidad en cualquier entorno tecnológico de telecomunicaciones y transmisión de datos, y, en segundo lugar, respecto de la manera en que esta propuesta se reinterpreta mediante un marco conceptual particular ampliamente probado para su aplicación inédita en otros contextos tecnoproductivos. En cuanto al diseño operativo, se desarrolló una integración de la Metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) y el Control Objectives for Information and Related Technology (COBIT). Como principal producto se generó un programa de mantenimiento con base en un nuevo esquema operativo denominado Metodología de Mantenimiento Confiable para Plataformas de Telecomunicaciones (MCPT), lo que constituye una herramienta innovadora para la prevención y el control de fallos en procesos de mantenimiento.

Palabras clave: Modelo de mantenimiento, mantenimiento centrado en confiabilidad, COBIT, telecomunicaciones, transmisión de datos.

Abstract

The objective of this research is to conceive a theoretical and practical body to *resemanticize* the maintenance model focused on reliability towards its application in telecommunication platforms and data transmission allowing a new methodological approach for the maintenance management of

Sumario: 1 Introducción, 2 Metodología, 3 Propuesta, 4 Discusión, 5 Conclusiones.

Como citar: Oliveira, J. J., & Estaba, C. (2021). Modelo de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para Plataformas de Telecomunicaciones y Transmisión de Datos. *Revista Tecnológica - Espol*, 33(1), 49-70. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/801>

this type of infrastructure. It is an innovative proposal in two main aspects; firstly, regarding the adaptation of the maintenance model generated and its applicability to any telecommunications and data transmission technological environment, and secondly, the way in which it is reinterpreted through a particular conceptual framework widely tested for its unprecedented application in other techno-productive contexts. Regarding the operational design, integration of the Reliability Centered Maintenance Methodology (MCC) and the Control Objectives for Information and Related Technology (COBIT) was developed. The main product is a maintenance program based on a new operating scheme called Reliable Maintenance Methodology for Telecommunication Platforms (MCPT), representing an innovative tool for the prevention and control of failures in maintenance processes.

Keywords: Maintenance model, maintenance focused on reliability, COBIT, telecommunications, data transmission.

1. Introducción

Históricamente, las diversas necesidades del ser humano han impulsado la creación de entidades y estructuras destinadas a dar respuesta a esas exigencias. Muchas de las actividades que realizan las personas requieren del apoyo de terceros para poder llevarse a cabo de manera apropiada. Es coherente afirmar, entonces, que, a medida que aumenta el número de individuos, de igual manera crece la cantidad de organizaciones dispuestas a satisfacer sus necesidades.

Los desarrollos científicos van de la mano de la evolución social, económica, cultural, política y logística de la población; en este sentido, se presentan investigaciones y propuestas que van destinadas a la generación de nuevas estructuras o paradigmas científicos, que, a su vez, representan el soporte formal de las actividades llanas del mundo y sus habitantes.

El presente trabajo de investigación es, precisamente, un ejemplo de un proceso de generación de herramientas científicas para la atención de escenarios carentes o desprovistos de modelos formales que evalúen y mejoren sus estructuras, funcionamiento y desempeño. Esta investigación empleó la resemantización como guía para orientar y conducir su proceso de desarrollo y obtención de resultados. Tal como lo define Zecchetto (2011), *resemantizar* es un vocablo que “se refiere a la operación semiótica de transformar el sentido de una realidad conocida o aceptada para renovarla o para hacer una transposición de modelo, creando una entidad distinta, pero con alguna conexión referencial con aquélla, de modo que esta última asume un nuevo significado que la primera no tenía” (p. 127).

La decisión de trabajar sobre la *resemantización* a partir de los conceptos principales del modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad para plataformas tecnológicas de telecomunicaciones y transmisión de datos se tomó debido a que las estructuras preestablecidas de estas no están diseñadas para tales sistemas.

La investigación estableció los elementos teóricos y prácticos para configurar la gestión de telecomunicaciones y transmisión de datos sustentada en el modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad; esta arriesgada propuesta investigativa incorporó fundamentos de los sistemas mecánicos en los elementos característicos de sistemas abstractos; satisfaciendo así la necesidad científica que existe en el tratamiento y aseguramiento de la continuidad de los procesos relacionados con el manejo de la información y comunicación. En un pasado reciente, pero en otra área de conocimiento, Wither (2014) también planteó un plan de auditoría para un modelo de aerolínea doméstica con base en un análisis de riesgo y tomando como referencia el esquema operativo COBIT 5, lo cual confirmó las ventajas de combinar herramientas tan disímiles para obtener mejores resultados.

Según Orbe (2017), la transmisión de datos en informática es, como su nombre lo indica, la transferencia de datos por un canal de comunicación. La naturaleza de los datos puede ser de tipo público o privado. La transmisión de datos en ambiente público es lo que se conoce, tradicionalmente,

como internet, es decir, un proceso de transmisión de datos compartidos por un gran número de personas sin restricciones, salvo excepciones por políticas de países o culturas.

La telecomunicación es toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, textos escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza generadas por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros medios electromagnéticos afines, inventados o por inventarse (La Ley Orgánica de Telecomunicaciones de Venezuela, 2011). Esto deja en evidencia la multiplicidad de aplicaciones que tienen las telecomunicaciones, entre las cuales la transmisión de datos es una de las que mayor propagación y uso ha tenido en los últimos años, debido a la ubicuidad que posee esta, hoy por hoy, en los diferentes ámbitos de la vida.

Es así como, a nivel mundial, con algunas excepciones, entidades financieras, servicios gubernamentales de gestión pública, instituciones educativas, tiendas, servicios públicos y sistemas de entretenimiento, entre otros tantos, funcionan y desarrollan sus actividades rutinarias en el internet. Lo que empezó, hace ya casi 40 años, como un encargo del Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DOD), es decir, la construcción de una red de computadoras para utilizarla como medio de comunicación entre las diferentes instituciones académicas y estatales de ese país; hoy en día, es una herramienta usada por más de 4.021 millones de personas, nada menos que el 53 % de la población mundial.

Con cifras como las que se acaban de referenciar, es evidente que las plataformas tecnológicas de funcionamiento del internet y transmisión de datos crecen y se hacen más complejas cada día, generando un reto de operatividad y mantenimiento enorme. Por supuesto, este escenario demanda la incorporación de métodos y herramientas que ayuden a optimizar estas tareas para mejorar los resultados de estos sistemas.

La presencia y el impacto de plataformas de telecomunicaciones para la transmisión de datos en América Latina son un hecho significativo. Muy a pesar de que la mayoría de las economías de la región están por debajo de los niveles primermundistas y su media de velocidad de conexión a la web es una de las más bajas del mundo, estos países han venido trasladando al internet una parte importante de las actividades y tareas cotidianas y transaccionales de su población. Por ejemplo, en México, Brasil y Chile, se ha dado un lugar preponderante y especial a las TIC como herramienta de apoyo a la gestión pública, lo que los ha obligado a plantear una modernización tecnológica en forma transversal.

De acuerdo con los niveles de tráfico que maneja la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), Venezuela es uno de los países latinoamericanos que más ha incrementado el uso de transmisión de datos a nivel privado y de internet. Desde hace algunos años, ha incursionado en el mercado del gobierno electrónico al implementar la automatización de los procesos de gobierno, como parte de las estrategias de bienestar al ciudadano. Hoy en día, a pesar de la crisis que atraviesa el país, y al margen de las deficiencias en reinversión, mantenimiento y actualización de las plataformas tecnológicas, el gobierno electrónico en Venezuela sigue estando vigente y operativo. Sin embargo, estas plataformas electrónicas se han convertido en el verdugo del ciudadano común que busca realizar algún proceso, pues el bajo rendimiento tecnológico de estas lo dificulta.

Una falla que derive en la caída o interrupción inesperada del servicio, con la recurrencia que se ha tornado regular en el país, genera un impacto negativo para un número importante de personas, y su desenvolvimiento cotidiano en el mundo, provocando no solo malestar e incomodidad en los usuarios, sino también consecuencias más severas, dependiendo del contexto en el que se esté empleando.

En este mismo orden de ideas, el mantenimiento empieza a perfilarse como la piedra angular que falta en esta ecuación. Rivas (2017) propuso un modelo teórico para un sistema de gestión de mantenimiento basado en los principios de la gerencia de proyectos, buscando, con ello, reinventar la administración del mantenimiento con el objetivo de obtener su mayor provecho. Los modelos de mantenimiento anteriores se diseñaron en un momento en que los sistemas críticos que había que

atender eran de otra naturaleza, por lo que se volvieron obsoletos para los nuevos tipos de plataformas tecnológicas de transmisión de datos, tan disímiles en sus variables, parámetros de entrada y funcionamiento (García, 2015; Bravo, 2016).

El actual modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad, como herramienta de ingeniería, está concebido, según Mora (2009), para ser aplicado a sistemas mecánicos con naturalezas físicas muy distintas a las plataformas de transmisión de datos. Las variables que este modelo contempla son variables físicas clásicas, como presión, temperatura, corrosión, vibración y lubricación, entre otras.

Es evidente que, para atender y dar soporte a las nuevas plataformas de transmisión de datos, es ineludible reinventar el modelo de mantenimiento de confiabilidad a fin de que se acople a estas, y, de este modo, se puedan generar resultados válidos y aplicables. Muy a pesar de que se hayan realizado algunos análisis y aportes en este sentido, estos han venido a atender casos puntuales y de manera circunstancial, dejando aún un vacío en cuanto a la existencia de una estructura metodológica y operativa que se establezca como perdurable y que, al mismo tiempo, sea flexible y pertinente para plataformas de esta índole.

Los problemas de mantenimiento y reinversión afectan considerablemente la mayoría de los servicios públicos y privados que se ofrecen en el país. Y, aunque también se les puede atribuir otras causas internas y externas, es indudable que no se han seguido protocolos apropiados de mantenimiento de equipos y servicios en áreas fundamentales que inciden directamente en la calidad de vida del venezolano, como, por ejemplo, el sistema eléctrico nacional, la distribución de agua potable, el suministro de gas doméstico y combustible y los servicios de conexión de voz y datos, entre otros.

Las telecomunicaciones impactan directa o indirectamente en todos los sectores productivos de una nación y, por consiguiente, afectan la calidad de vida de sus habitantes; por ello, hay que tomar en cuenta todos los elementos que han impedido el normal desarrollo de este importante sector: desinversión, politización, escasa capacidad técnica y operativa, legislación, control de precios de servicios y acceso a financiamientos y divisas, entre otros; razones que hacen necesario establecer nuevas políticas operacionales que garanticen la continuidad de los servicios de telecomunicación y transmisión de datos.

Por todo lo aquí descrito y expuesto, se hace inminente tomar acciones concretas de cara a atender esta grave situación. En este sentido, se propuso la puesta en marcha de esta investigación para generar una *resemantización* del modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad que derive en una estructura metodológica que combine lo teórico y lo práctico, y que pueda ser aplicada a cualquier medio o sistema de telecomunicación y transmisión de datos, convirtiéndola así en una herramienta innovadora de gran proyección para la prevención y el control de fallos en los sistemas.

2. Metodología

El presente trabajo está enmarcado dentro de la modalidad Investigación proyectiva, puesto que esta permite una posible solución o mejora a la situación presente en el mantenimiento de plataformas de telecomunicaciones y transmisión de datos, mediante la puesta en marcha de procesos de búsqueda y pesquisa conforme con las características actuales de este tipo de tecnologías.

En relación con la Investigación proyectiva, Hurtado (2007) expresa lo siguiente: “este tipo de investigación propone soluciones a una situación determinada a partir de un proceso de indagación. Implica explorar, describir, explicar y proponer alternativas de cambio, más no necesariamente ejecutar la propuesta”.

El nivel de la investigación, según Arias (2006), se refiere al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno. En esta investigación se enmarca dentro del nivel comprensivo, debido a que esta presenta una explicación para distintos aspectos dentro de las plataformas de

telecomunicaciones y transmisión de datos, además de que permite entender, proveer, pronosticar, exponer, diseñar, construir y formular una propuesta de solución a la problemática planteada.

De igual forma, se trabajó utilizando como población referencial al personal de la Unidad de Mantenimiento y Operaciones de Transmisión y Datos de Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela (CANTV)-Monagas; y, más específicamente, con los trabajadores adscritos a este departamento que laboran de forma directa con los procesos de gestión de la plataforma tecnológica. En consecuencia, esta población referencial estuvo constituida por 12 individuos, conformados de la siguiente manera: dos (2) supervisores, dos (2) técnicos especialistas y ocho (8) técnicos de mantenimiento integral; además, considerando que dicho estamento es pequeño, se tomó un tipo de muestreo opinático de la totalidad de esta población, lo que permitió obtener la información requerida para alcanzar los objetivos propuestos.

Para la ejecución de este trabajo, tomando en cuenta que no existen antecedentes de este tipo de investigación, se estableció un esquema metodológico inédito, que permitió cubrir a cabalidad todas y cada una de las metas y los objetivos trazados. En tal sentido, con la integración de la Metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) (Villacrés, 2016) y el Control objectives for informations and related technology (COBIT) (Balladares, 2017), se lograron alcanzar los objetivos específicos establecidos en esta investigación. Esta fusión respondió a las necesidades funcionales de la investigación, como el diseño de un marco operativo que orientara las actividades desarrolladas. La metodología MCC fue seleccionada debido a que constituye una herramienta que facilita que un equipo multidisciplinario optimice la confiabilidad operacional de un sistema cuyo funcionamiento se desarrolla bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema.

De igual forma, COBIT, al tratarse de una metodología de auditoría informática e infraestructura tecnológica de gran escala y a todo nivel, aporta puentes entre los riesgos, los controles y los aspectos técnicos de un determinado negocio. Las fases resultantes de esta integración metodológica se presentan bajo la siguiente denominación: I. Identificación de parámetros, II. Estudio de infraestructura, III. Análisis de fallos y criticidad, IV. Diseño del plan y V. Reconceptualización. A continuación, una breve descripción de cada una de ellas.

Fase I: Identificación de parámetros

Consistió en establecer una base conceptual para un marco de trabajo que integre los elementos característicos de una filosofía de mantenimiento con políticas aceptadas para la gestión de plataformas de telecomunicación. Buscó proveer un esquema operativo integral que ayude a las empresas a alcanzar los objetivos relacionados con el mantenimiento de estructuras de telecomunicación y transmisión de datos. En esta fase se presentaron las siguientes actividades: estudio de la base conceptual metodológica, diagnóstico del entorno tecnológico, comparación contextual, identificación de elementos pertinentes, adaptación de recursos, definición de requerimientos y construcción metodológica.

Fase II: Estudio de infraestructura

Mediante diversas inspecciones de campo y una profunda revisión documental, se estableció un diagnóstico generalizado del contexto actual de las infraestructuras tecnológicas estudiadas. Se evaluaron los recursos disponibles y los nuevos requerimientos para optimizar el desempeño de las plataformas de transmisión de datos manteniendo el equilibrio entre la generación de beneficios y la minimización de los niveles de riesgos. En esta fase se presentaron las siguientes actividades: estudio del entorno, revisión de aspectos legales, análisis de recursos disponibles y definición de requerimientos.

Fase III: Análisis de fallos y criticidad

Se determinaron todos los tipos de fallos y sus modos en las infraestructuras estudiadas; un 'fallo' es la incapacidad de un ítem para cumplir alguna de sus funciones, mientras que un 'fallo funcional' es aquel que impide al sistema en su conjunto cumplir su función principal. Finalmente, un 'fallo técnico' es aquel que, sin impedir al sistema cumplir su función principal, supone un

funcionamiento anormal de una parte de este. Una vez determinados todos los fallos que se pueden presentar, se deben estudiar sus respectivos modos de fallo, lo que posibilita identificar las causas primarias de estos o las circunstancias en las que se produce un fallo específico.

Cada fallo, funcional o técnico, puede presentar múltiples modos de fallo; cada uno de estos puede tener a su vez múltiples causas, y estas, por su parte, otras, hasta llegar a lo que se denomina 'causas raíces'. Por lo tanto, fue importante definir con qué grado de profundidad se iban a abordar los modos de fallo para determinar si el estudio era viable o, técnicamente, factible. El siguiente paso fue determinar los efectos de cada modo de fallo para, luego, clasificarlos según la gravedad de las consecuencias. Esta fase incluye las siguientes actividades: determinación de fallos funcionales y técnicos, determinación de modos de fallos y análisis de criticidad.

Fase IV: Diseño del plan

Determinados ya los modos de fallo del sistema que se analizaron, y clasificados estos modos según su criticidad, el siguiente paso fue determinar las medidas preventivas que permitieran evitar el fallo o, al menos, minimizar sus efectos. Definidas las medidas preventivas, lo siguiente fue agrupar estas medidas por tipos (tareas de mantenimiento, mejoras, procedimientos de operación, procedimientos de mantenimiento y formación), lo que facilitó su posterior implementación. En esta fase se presentaron las siguientes actividades: establecimiento, revisión y agrupación de medidas preventivas, identificación de mejoras prácticas y definición de un plan de acción.

Fase V: Reconceptualización

Una vez identificadas las mejoras prácticas, estas debieron estructurarse en nuevos esquemas operativos, que incluyeron la optimización de los procesos, la adecuación del entorno y la formación continua del personal involucrado. Como un proceso de reflexión crítica, se evaluaron los resultados obtenidos, a partir de los cambios establecidos y recomendados, para lograr la adecuación y la redimensión técnica y operativa del mantenimiento centrado en confiabilidad como un apoyo de control en plataformas tecnológicas. En esta fase se desarrollaron las siguientes actividades: planificación de actividades de formación, definición de nuevos esquemas operativos, integración del plan de mantenimiento, análisis costo-beneficio, aplicación del plan, presentación de resultados, evaluación de la propuesta metodológica y la adecuación técnica y operativa del mantenimiento centrado en confiabilidad.

3. Propuesta

Este trabajo de investigación pretende sentar las bases para una *resemantización* de las filosofías de mantenimiento aplicado a plataformas de telecomunicación; llama la atención que, a pesar de todos los avances científicos y tecnológicos en esta era de la informática, aún no existan políticas estandarizadas para el mantenimiento formal de este tipo de plataformas. Quizás, precisamente por los súbitos cambios ocurridos en las últimas décadas en esta área del conocimiento, los entendidos no se han percatado de la trascendencia y la necesidad de contar con elementos probados para la ejecución efectiva de planes de mantenimiento en sistemas de telecomunicaciones y transmisión de datos. A pesar de todas las consecuencias que pudiera generar una interrupción en el servicio de transmisión de datos, no se han desarrollado planes para el tratamiento de los datos en estos nuevos escenarios o esquemas de operación, claves para garantizar la calidad del servicio.

Probablemente lo anterior ocurre porque el tráfico y manejo de información son procesos intangibles, que, muchas veces resultan "invisibles", a diferencia de las operaciones productivas con dispositivos o maquinarias físicamente establecidas que han acompañado tradicionalmente a la industria, lo que ha requerido la implementación de una gerencia de mantenimiento apropiada dentro de las instalaciones donde operan.

Fase I: Identificación de parámetros

Para intentar lograr esta adaptación del modelo de mantenimiento –normalmente utilizado en equipos y maquinarias– al contexto de la transmisión de datos, se utilizó el concepto de *resemantización* para dar un nuevo sentido a la configuración en este tipo de sistemas, es decir,

redefinir el significado del mantenimiento, en este caso particular, centrado en confiabilidad, como una nueva propuesta que pretende reformular, reproducir y redimensionar las posibilidades de mantenimiento a plataformas de telecomunicaciones existentes en la actualidad, lo cual genera una opción de trabajo que garantiza un mayor control del servicio bajo un esquema de trabajo versátil, indispensable y de gran proyección en cualquier tipo de organización.

La *resemantización*, en sí misma, no es una propuesta nueva; lo innovador radica en el contexto específico donde se quiere aplicar. El ser humano por su propia naturaleza siempre ha buscado la forma de reinventar sus recursos para sacarles el mayor provecho posible; la reinterpretación de todas las habilidades, culturas, ideas, herramientas ha sido clave en la evolución y adaptación del ser humano.

En tal sentido, la *resemantización* del modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad, para dar respuesta a las exigencias de una nueva estructura operativa en el manejo de la información enmarcada en distintos contextos tecnológicos, permite dar un nuevo efecto al mantenimiento que supera a los procedimientos ya existente en este campo; transformar o readaptar el sentido del mantenimiento industrial en nuevas plataformas representa un gran aporte porque permite aprovechar todas las técnicas comúnmente utilizadas en la gestión de mantenimiento del control de procesos, equipos y dispositivos dedicados para la transmisión de datos; mediante esta reutilización de esquemas funcionales se genera un nuevo enfoque metodológico “revolucionario” para desarrollar planes innovadores de mantenimiento en este tipo de escenarios.

A continuación, se presenta información recabada en la revisión técnica y documental de datos contenidos en diversas fuentes físicas y electrónicas de la empresa CANTV y, en general, del proceso de transmisión de datos en Venezuela.

Una característica relevante de las tecnologías en telecomunicaciones es la convergencia entre las diferentes redes de transmisión fija y móvil y de voz y datos. En la actualidad, la integración de estas redes de banda ancha es indispensable para atender los variados servicios que los usuarios demandan para sus *smartphones*, aplicaciones móviles y para acceder a múltiples servicios e información en áreas como salud, transporte, logística, finanzas, entretenimiento, seguridad, gobierno, comunicación y casi todas las industrias y servicios. Esto representa un importante promotor del desarrollo social y económico del país.

En general, la industria de las Telecomunicaciones y Tecnología de la Información (TIC) es uno de los pilares fundamentales del desarrollo económico y social de un país. El sector de las TIC pone a disposición de los usuarios una gran cantidad de servicios de gran demanda, lo que ha impulsado el surgimiento de un elevado número de empresas relacionadas con las operadoras de estos servicios. Las empresas que prestan servicios de tecnología de información y comunicaciones para su sostenibilidad deben procurar la competitividad, la productividad y la calidad de sus servicios, pero, adicionalmente, deben considerar que la generación y consolidación de ventajas competitivas, al interior de una empresa, guarda una estrecha vinculación con las condiciones del entorno.

La inversión en tecnología, que es una de las bases fundamentales del crecimiento y desarrollo de un país, es muy inferior a la mínima necesaria, y, sobre todo, en aquella destinada a la capacitación del recurso humano del sector. Es importante destacar que no es suficiente tener la provisión de infraestructura de TIC para el acceso a la información, sino que también es indispensable tener las condiciones y competencias específicas que permitan aprovechar la oportunidad que brinda ese conocimiento para la creación de valor por parte de las empresas y los organismos. En el caso venezolano, tanto la infraestructura como el talento humano han quedado rezagados por todos los problemas políticos y socioeconómicos que afectan a este país actualmente.

Hoy día se dispone de varias formas de conexión a internet, desde un lugar fijo o desde dispositivos móviles. En el primer caso, la conexión más habitual es Asimetric Digital Subscriber Line (ADSL), transmitida a través de la red telefónica con una velocidad de hasta 2 Mbps; este tipo de conexión en el país se denomina Acceso Banda Ancha (ABA), y es un servicio prestado por la

CANTV. Existen versiones mejoradas de esta tecnología, como ADSL2 y ADSL2+, con capacidad de suministro de televisión y video de alta calidad, y con velocidades de transmisión de hasta 24 Mbps, evitando con ello las interferencias o el ruido y disminuyendo los efectos de la atenuación.

Para disponer de un mayor ancho de banda, se presenta un gran obstáculo: la distancia entre el cliente y el equipo terminal. Para contrarrestar esta dificultad surgen alternativas, como las opciones de red con cable coaxial y fibra óptica. En particular, la disponibilidad de fibra óptica tiene un impacto negativo directo en los parámetros de calidad del servicio derivados de variables, como la latencia o el retardo en el tráfico.

Es importante comprender este último concepto de la latencia o del retardo como el tiempo que toma un paquete de información en llegar a su destino y regresar; así como la confiabilidad en la disponibilidad del enlace, entendida como la proporción de transmisiones de datos fallidas y proporción de accesos con éxito, juegan un papel fundamental en la calidad del servicio. En el segundo caso, el de la conexión móvil establecida mediante equipos móviles smartphones se dispone de conexión a Internet con tecnología 2G o de segunda generación, con velocidades que alcanzan hasta 232 Kbps y soportan protocolos Global System for Mobile Communications (GSM), Code Division Multiple Access (CDMA), Time Division Multiple Access (TDMA), General Packet Radio Service (GPRS). Como una mejora de las redes 2G en la tasa de transferencia de datos, se ha introducido la tecnología Enhanced Data Rates for GSM of Evolution (EDGE), que funciona en cualquier red con protocolo GPRS y proporciona una cobertura inalámbrica más robusta que la 2G, con velocidades de transferencia de entre 56 a 114 kbps.

La conectividad permanente inalámbrica 3G o de tercera generación, que tenía como objetivo facilitar la transferencia de archivos multimedia, alcanza una velocidad de hasta 2 Mbps y utiliza la tecnología Wideband Code Division Multiple Access (W-CDMA) para la transmisión de datos. El 3.5G, considerada como una versión mejorada de 3G, alcanza una velocidad de transmisión igual a 14 Mbps, lo que permite la transmisión de video en vivo (*streaming*).

La tecnología 4G o de cuarta generación, también conocida por muchos fabricantes como Long Term Evolution (LTE), es mucho más veloz que las anteriores; su velocidad puede llegar a 100 Mbps para descarga y 50 Mbps para carga. Sin embargo, este tipo de conexión no se utiliza ampliamente, ni todos los terminales ni todas las tarjetas SIM son compatibles con esta. Por su parte, la tecnología 5G llegó para revolucionar las comunicaciones. Aunque en Venezuela no está disponible esta nueva generación de transmisión y conexión de datos, ha empezado a dar sus primeros pasos en 2019.

Esta tecnología presenta mayor velocidad de conexión y tiene la capacidad de relacionar al mismo tiempo nuevos elementos, ubicaciones y servicios. El 5G será clave para el desarrollo de las ciudades inteligentes, las telecomunicaciones, la domótica, la industria 4.0, la automoción, el transporte, etc. En general, el 5G permitirá tener más dispositivos conectados. En la práctica esta tecnología no trae nada nuevo, sino tan solo una evolución con respecto a la generación que actualmente está más extendida, el 4G. Su llegada expresa el inicio de una nueva era de conectividad inteligente en el mundo, que, junto con los nuevos desarrollos en Internet: Big Data e Inteligencia Artificial, está a punto de ser un motor clave del crecimiento económico en los próximos años.

Sin embargo, no solo será más veloz, sino que conseguirá reducir el consumo energético en un 90 %. Es decir, los dispositivos conectados tendrán una mayor autonomía con la misma capacidad y con una cobertura casi del 100 %. Estos números reflejan una realidad muy distante en comparación con las antiguas redes. La 1G, por ejemplo, solo realizaba llamadas, mientras que la tecnología 2G introdujo el envío SMS. Recién a partir de la incorporación de la tecnología 3G se dio apertura al acceso del internet desde los dispositivos móviles; y, con la tecnología 4G, el teléfono se convirtió en *smartphone*, es decir, se pudo contar con un dispositivo capaz de integrar muchas funcionalidades que estaban ausentes en la tecnología anterior, por ejemplo, la reproducción de videos en tiempo real.

Los sectores productivos, los gubernamentales y la sociedad en general están altamente interesados en el desarrollo y la implantación de la red 5G. La conexión inalámbrica es un activo de potencial ilimitado, al que nadie está dispuesto a renunciar; por el contrario, su implementación ha generado grandes expectativas, acordes con las nuevas exigencias. Por ello, las prestadoras de servicios están cada vez más interesadas en incorporar a sus esquemas operativos y de mantenimiento tecnológico todos los avances científicos, con el objetivo de brindar el mejor servicio posible de telecomunicaciones, de acuerdo con estándares internacionales y en el marco de las normativas vigentes.

Al incluir significativos avances tecnológicos, Venezuela, según datos recopilados por Romero (2019), había logrado alcanzar valores de velocidad de conexión por encima del promedio regional, sin embargo, al contar con este parámetro en los últimos años se ha venido deteriorando de forma alarmante, debido a la saturación del servicio originado por la creciente demanda y una infraestructura que no ha sido actualizada y ampliada para satisfacer dicho crecimiento. Esta velocidad promedio ha disminuido a 1.8 Mbps en el año 2017, confirmándose el deterioro que viene experimentando la red móvil en Venezuela.

El sector de las telecomunicaciones en Venezuela se puede describir como un oligopolio de Estado, ya que, aun cuando existen empresas privadas, operadoras de diversos servicios, la competencia de estas con las empresas públicas es desigual. La empresa CANTV de servicios de telefonía fija, propiedad del Estado, cuenta con el 60 % del mercado de internet, sin contar con la otra empresa estatal de telefonía móvil (MOVILNET). Ambas muestran una fuerte politización y dependencia del Poder Ejecutivo, y han disminuido su nivel de profesionalismo técnico con el que se desempeñaban.

Otro aspecto que se ha considerado para constatar el deterioro de la calidad del servicio de internet en estas empresas se refiere a la paulatina pérdida de confiabilidad de su servicio. Esto se refleja en la gran cantidad de reclamos y denuncias que presentan suscriptores residenciales y empresariales acerca de la indisponibilidad que, tanto de manera intermitente como permanente, presenta este servicio.

Estas fallas del servicio ocurren con el internet fijo, generando interrupciones que menoscaban la calidad de las telecomunicaciones. Estos inconvenientes son el resultado, principalmente, de las averías que se producen en la infraestructura de transmisión de datos, debido a la ausencia de un plan de mantenimiento correctivo adecuado, que permita cumplir con las expectativas y exigencias de los usuarios. Este inexistente o precario mantenimiento de infraestructura TIC, que soporta el servicio de internet, se origina, fundamentalmente, por la escasez de equipos, la obsolescencia de la infraestructura y la poca preparación del personal que aún se mantiene en la empresa. Todo lo expresado, se puede explicar por los bajos niveles de inversión que ha recibido esta industria. La falta de inversión, de acuerdo con el criterio de un sector del país, se debe a la denominada “guerra económica” impuesta desde el exterior que ha tenido que afrontar el país y, por otros, debido a las políticas macroeconómicas inapropiadas (control de cambio, expropiaciones, desinversión, etc.) que desde el Estado se han aplicado.

Por otra parte, las principales empresas privadas que ofrecen servicio de internet fijo (IFX Networks, Ateweb, Ethern, Intercable, Netcom de Venezuela Ingeniería, S.A., RapidNet Service, C.A., Servicios OMNES de Venezuela, S.A., T-NET, WebMaxter, Únete Venezuela, Fision Net, Interamerican Net De Venezuela, S.A., IUSNET.NET, Link 7 e IPNet) y móvil (Digitel y Movistar) tampoco han realizado inversiones importantes para ampliar la infraestructura vinculada con el flujo de datos (red de fibra óptica), porque durante los últimos años estas empresas proveedoras de internet han debido afrontar los problemas derivados de la política pública con respecto al control cambiario y la escasez de divisas, además de un rezago tarifario, ocasionado por el bajo costo del servicio, que se ha ubicado muy por debajo del costo promedio internacional, Todo esto ha afectado a su capacidad de innovación y modernización de la red.

Otro elemento que se debe destacar es las fiscalizaciones permanentes que ha sufrido el sector, especialmente por la intervención del organismo estatal regulador CONATEL, lo que ha podido provocar poca imparcialidad en sus decisiones y actuaciones. A continuación, se presenta un resumen de las debilidades encontradas en la organización; luego, en la Figura 1, se muestra un gráfico que muestra sus interconexiones.

Factores claves pesimistas:

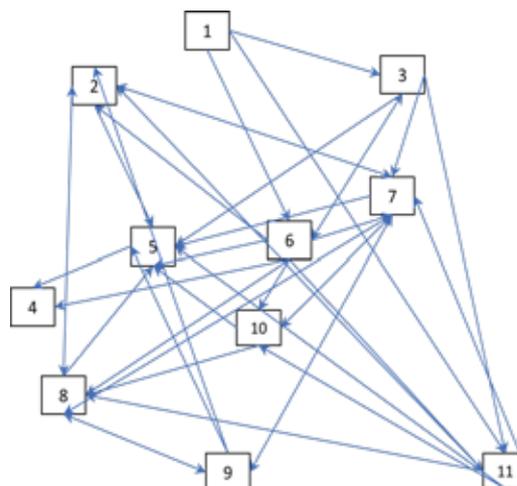
1. Empresa dependiente del Ejecutivo Nacional
2. Desinversión en la infraestructura tecnológica
3. Presencia de mecanismos regulatorios
4. No existen estrategias de comunicación de indicadores oficiales
5. Baja calidad del servicio
6. Politización de la dirección y el sector en general
7. Baja rentabilidad del negocio
8. Falta de planes formales de mantenimiento
9. Dificultad para importaciones
10. Desprofesionalización de las empresas
11. Esquemas tarifarios inapropiados

En el gráfico se observa que existen factores cuyos grados de afectación en otros niveles son considerables; en este grupo se incluyen: presencia de mecanismos regulatorios; politización de la dirección y del sector en general; baja rentabilidad del negocio; falta de planes formales de mantenimiento y esquemas tarifarios inapropiados.

Al igual que en el análisis de factores claves pesimistas, en la siguiente figura se presenta la relación directa de cada uno de los elementos optimistas y sus interdependencias. Este análisis, realizado por el autor de esta investigación, da como resultado un análisis integrador que establece la influencia que tiene cada factor con respecto al resto. De igual forma, a continuación, se muestra un resumen de las fortalezas encontradas; luego, en la Figura 2, se ilustra un gráfico con las interconexiones correspondientes.

Figura 1

Interconexión de factores claves pesimistas



Fuente: Elaboración propia

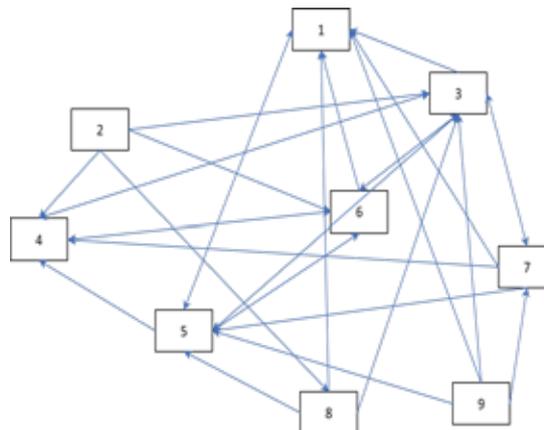
Factores claves optimistas:

1. Imagen corporativa
2. Entorno del negocio
3. Alianzas estratégicas con otras instituciones

4. Creciente demanda de servicios
5. Liderazgo en el mercado
6. Diversidad de ofertas
7. Capacidad técnica instalada
8. Talento humano
9. Respaldo del Estado

Figura 2

Interconexión de factores claves optimistas



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se puede apreciar de modo evidente cómo ciertos factores afectan considerablemente a otros; ahora, en este grupo, se incluyen los siguientes elementos: entorno del negocio, alianzas estratégicas con otras instituciones, liderazgo en el mercado, diversidad de ofertas, capacidad técnica instalada y respaldo del Estado.

Fase II: Estudio de infraestructura

Actualmente, CANTV –dentro de un ambiente de trabajo complejo debido a la grave crisis social y económica que afronta el país– continúa incorporando elementos a la red NGN (nueva generación) acorde a su plan de crecimiento, lo que a su vez requiere una alta inversión en capital humano especializado y recursos financieros. Por otro lado, esta adquisición de equipos de diversas marcas ha traído consigo el uso de la denominada tecnología aislada, lo que ha dificultado todavía más la implementación de políticas acertadas de mantenimiento debido a los requerimientos que esta variedad de marcas y diseños demanda, como su integración y mantenimiento a corto, mediano y largo plazo. Además, cabe recalcar, que la calidad de los repuestos o equipos disponibles en el mercado no garantizan los trabajos de mantenimiento necesarios en este tipo de infraestructuras.

El personal que conforma las diferentes gerencias de operaciones se encuentra desasistido de políticas perdurables de mantenimiento, ya sea porque no son factibles en la actualidad o, simplemente, porque la operatividad del día a día, que debe atender solo situaciones correctivas urgentes o prioritarias, las deja a un lado. Actualmente, la eficiencia en la gestión de redes y servicios de CANTV está comprometida debido a un modelo de gestión tradicional que utiliza grupos de tecnologías aislados, incapaces de establecer mejoras prácticas en la gestión de TIC, a partir de la implementación de planes de mantenimiento eficiente que garanticen la optimización de los recursos y la calidad del servicio. Es necesario resaltar que las mejoras en el servicio no dependen tan solo de una evolución tecnológica que sustituya la infraestructura obsoleta por una nueva. Hay que considerar que la ventaja competitiva en el sector de las telecomunicaciones y transmisión de datos se fundamenta en el establecimiento de una gestión efectiva sobre el mantenimiento de sus plataformas y servicios que garantice la confiabilidad en sus operaciones.

CANTV cuenta con muchas fortalezas, sin embargo, al momento de gestionar fallos que requieren de la participación coordinada de varias dependencias en la planificación de actividades y la disponibilidad de equipos, surgen dificultades para articular el trabajo de los departamentos debido a que cada uno de estos se maneja con procedimientos distintos. Como opción para disminuir los fallos recurrentes y mejorar considerablemente los tiempos de respuestas, la empresa ha fortalecido la gestión de la unidad de soporte técnico, haciéndola compartir experiencias y conocimientos con el resto del personal cuando se presenta algún inconveniente. Por ello, estandarizar y documentar estos procesos dentro de unas políticas formales de operación claras facilitarían el desarrollo de planes de mantenimiento de las plataformas de telecomunicación con nuevos criterios de mantenibilidad y confiabilidad.

En cuanto al inventario o a la identificación de equipos y materiales empleados tradicionalmente por CANTV para sus operaciones de mantenimiento, se presentan a continuación los recursos más utilizados:

Equipos:

- Equipos de computación para la gestión de averías
- Vehículos para traslado a sitio
- Escaleras expandibles
- Cinturón de seguridad
- Material de seguridad: casco, botas, lentes y guantes de seguridad

Materiales:

- Piqueta: herramienta para picar cable de red
- Jumper: cable para realizar lazos y cruzadas
- Conectores UY: herramienta para empalmes de hilos de cobre
- Destornilladores: pala y estría
- Ponchador: herramienta que se utiliza para reajustar cables de cobre en regletas dentro de los armarios y nodos
- Hexagonal: herramienta para reajustar el ramal en los módulos de los terminales
- Microteléfono: para verificación de tono
- Generador y localizador de tono
- Ramal: cable para instalación de líneas externas
- Goma gris: para instalación de líneas internas (FXB)
- Navaja: herramienta para desmembrar calves de cobre
- Alicata electricista
- Flejadoras
- Pinza de corte
- Llave de tanquilla
- Eslinga
- Llave de tanque
- Tester Loop

Servidores utilizados

Para el análisis de los equipos de servidores utilizados por la corporación se tomará como referencia aquellos relacionados con los componentes instalados para el monitoreo de la seguridad tecnológica. Esto debido a que estos servidores son de amplio dominio público y de fácil identificación. El resto de la plataforma tecnológica de la empresa se maneja de forma confidencial, pues maneja la información de la que dependen la mayoría de los venezolanos y el Estado en general.

Para cumplir tal propósito, la plataforma de seguridad de monitoreo cuenta, actualmente, con 15 servidores desplegados en toda la red corporativa de CANTV, de los cuales 13 corresponden a sensores IDS y 2 a consolas de visualización de eventos de seguridad SNORT y LML. A continuación, se describe brevemente su funcionamiento:

Sensores IDS: dispositivos encargados de registrar todo el tráfico que circula en las diversas redes de CANTV, que luego analiza y compara por medio de diversos patrones de tráfico malicioso para generar diversas alertas de seguridad, que son almacenadas en las consolas de visualización para este tipo de eventos.

Consolas de visualización de eventos de seguridad: en la consola SNORT se muestran las alertas de virus y los ataques informáticos en contra de las redes y los elementos de tecnología de la información de CANTV; entretanto en la consola LML se muestran las alertas generadas por los logs de los dispositivos informáticos instalados en la red de CANTV y sus empresas filiales.

Fase III: Análisis de fallos y criticidad

La adaptación o nueva concepción del modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad para plataformas de telecomunicaciones y transmisión de datos debe recorrer la ruta del análisis de fallos y la evaluación de criticidad, elementos fundamentales en el estudio tradicional del mantenimiento que arroja resultados determinantes para la toma de decisiones y la generación de planes de mantenimiento; precisamente por ello, en esta *resemantización* también se recurre a estas técnicas para el estudio de fallos y niveles de criticidad en entornos físicos y lógicos destinados a la transmisión de datos.

Específicamente en esta fase se presentarán los fallos funcionales y técnicos identificados, para luego determinar su modo de fallos y su criticidad. Este procedimiento busca establecer los elementos clave que permitan la consolidación de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad adaptado a plataformas para la gestión de datos.

En este caso, el mantenimiento se centra en la estructuración de un conjunto de actividades que garanticen la continuidad de un servicio o el restablecimiento de su operatividad en el menor tiempo posible y al más bajo costo. Al asegurar los aspectos mencionados, se lograría mantener la disponibilidad de los recursos para la transmisión de la información, minimizando así los fallos y los costos producidos por posibles interrupciones no planificadas.

Para continuar con la propuesta, de acuerdo con la información obtenida producto de la observación directa, las entrevistas, las encuestas y los registros históricos no oficiales, se ha determinado que los equipos y materiales fundamentales para los procesos de mantenimiento dentro de la Corporación son equipos de computación (escritorio), vehículos, ponchadoras, micro teléfonos, tester loop y los servidores. El requerimiento de estos equipos de soporte se debe a la gran cantidad de fallos o interrupciones que normalmente presentan estos equipos. Esta situación demanda periódicamente actividades de mantenimiento que permitan garantizar un mínimo de operatividad, considerando el rol central que tienen estos equipos en los procesos de transmisión de datos y telecomunicaciones; las grandes dificultades en la gestión de la solución de averías reportadas en líneas telefónicas están relacionadas directamente a problemas existentes en los equipos mencionados.

En la Tabla 1 se presenta un resumen de los trabajos de mantenimiento realizados a los dispositivos seleccionados, y que evidencia lo expresado con anterioridad; entre tanto, la Tabla 2 muestra estos resultados enunciados en porcentajes.

Solo se identifican actividades relacionadas con los mantenimientos correctivos, preventivos y predictivos; los otros tipos de mantenimiento no están dentro de los proyectos establecidos en las planificaciones formales o informales de la organización.

A partir de la información anterior es posible distinguir el bajo porcentaje de actividades preventivas planificadas para los equipos y materiales de alto impacto con el objetivo de garantizar la continuidad de servicios de transmisión de datos; de igual manera, es nulo el esfuerzo que se evidencia en el desarrollo de actividades predictivas, por lo que en los planes de mantenimiento que se deberían proponer es necesario considerar esto como un factor determinante para mejorar las condiciones actuales.

Tabla 1*Tareas de mantenimiento realizadas a los principales equipos y materiales*

Equipo/tipo de mantenimiento	Preventivo	Correctivo	Predictivo	Total
Equipos de computación	1	25	0	26
Vehículos	3	24	0	27
Ponchador	0	2	0	2
Microteléfono	0	5	0	5
Tester Loop	0	8	0	8
Servidores CANTV	4	8	0	12
Total	8	72	0	80

Fuente: CANTV (datos desde febrero a julio 2019)

Tabla 2*Tareas de mantenimiento realizadas en los principales equipos y materiales*

Equipo/tipo de mantenimiento	Preventivo %	Correctivo %	Predictivo %
Equipos de computación	3,85	96,15	0
Vehículos	11,12	88,88	0
Ponchador	0	100	0
Microteléfono	0	100	0
Tester Loop	0	100	0
Servidores CANTV	33,34	66,66	0

Fuente: CANTV (datos desde febrero a julio 2019)

Después de definir las funciones de los activos, se pueden identificar los puntos que no cumplen con las especificaciones o expectativas de operatividad establecidas por los usuarios. Luego de esto, es necesario precisar los modos de fallos, tanto para los activos físicos como para los lógicos. En tal sentido, cuando ocurre un fallo funcional, se debe identificar qué lo causa, es decir, el evento específico que provoca la existencia de este tipo de fallo; denominado como modo de fallo.

Normalmente para definir los modos de fallos de un activo es necesario considerar los fallos identificados por los usuarios o beneficiarios que pudieran causar probables fallos de carácter funcional. También es necesario precisar una relación de causalidad que posibilite la identificación de una gestión efectiva del manejo de fallos, a partir no solo de la identificación de los modos de fallos del pasado y del presente, sino, además, los modos de fallos que pudieran presentarse en el futuro.

El Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF), según Maya (2018), constituye la herramienta principal de la metodología MCC. Por ello, este también será considerado en esta *resemantización* del modelo de mantenimiento en plataformas de telecomunicaciones y transmisión de datos; en general, se trata de una técnica sistemática que logra identificar las inconformidades antes de que estas ocurran y puedan generar graves consecuencias en los procesos y productos de un área determinada; su objetivo fundamental es encontrar los modos de fallos para prevenir sus consecuencias a partir de la ejecución oportuna de actividades de mantenimiento, que actuarán sobre cada modo de falla para prevenir sus posibles consecuencias. Un ejemplo de las hojas de información del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad utilizadas se presenta en la Tabla 3.

Luego de realizar el análisis de modos de fallos, conviene evaluar los niveles de riesgos o prioridades que se deben tener en cuenta en el desarrollo de un plan de mantenimiento. Para lograr esto, se utiliza el análisis de criticidad definida por Knezevic (1996) como una técnica o procedimiento que permite categorizar instalaciones, sistemas, equipos y/o dispositivos en función de su impacto general; el objetivo de esta herramienta es optimizar los recursos económicos, humanos y técnicos. La definición de factor crítico dependerá del sistema que se esté estudiando y de los

objetivos particulares de sus actores. En este caso particular se trata de activos físicos y lógicos, que se evaluarán a partir de cinco criterios fundamentales: frecuencia de fallo, impacto operacional, flexibilidad operacional, costos de mantenimiento e impacto en seguridad ambiente e higiene; estos elementos son clasificados en diferentes posibilidades de ocurrencia y son categorizados de acuerdo con el grado de importancia que tienen.

Tabla 3

Hoja de información MCC equipo 1

Equipo: 1. Equipos de computación	Función: Uso de Sistemas de información Manejo de base de datos Control de inventarios Gestión de averías	Elaborado por: César Estaba	Fecha: Octubre 2019	Página 1 de 1
Tipo: Físico-lógico				
Falla funcional	Modo de fallo (Causa)	Efecto de fallo (ocurrencia posterior)		
1. No se tiene acceso a sistemas de información	A. Fallo de energía eléctrica	A. Imposible ubicación de fallo		
	B. Datos de acceso incorrectos	B. Retrasos y retrabajo		
	C. Sistemas en mantenimiento	C. Retrasos		
	D. Errores en el sistema	D. Retrasos y retrabajo		
2. Base de datos desactualizadas	A. Datos almacenados incorrectos	A. Retrasos y retrabajo		
	B. Mecanismos inadecuados de integridad y seguridad	B. Retrasos y retrabajo		
3. Consultas espurias	A. Datos almacenados incorrectos	A. Retrasos		
	B. Mecanismos inadecuados de integridad y seguridad	B. Retrasos		
4. Asignación inapropiadas de casos	A. Datos almacenados incorrectos	A. Retrasos y retrabajo		
	B. Mecanismos inadecuados de integridad y seguridad	B. Retrasos y retrabajo		

Fuente: Elaboración propia

Los equipos estudiados fueron evaluados totalizando cada componente y obteniendo el valor general de criticidad, que será comparado con la matriz de criticidad establecida. A continuación, en la Tabla 4, se explica brevemente los elementos tradicionalmente utilizados en un análisis de criticidad.

Tabla 4

Definición de elementos críticos

Elemento	Descripción	Rango Preestablecido
Frecuencia de fallo	Establece el número de veces que se repite un evento considerado como falta dentro de un periodo de tiempo establecido.	1-4
Contexto operacional	Establece lo que se desea que el activo haga, sin sobrepasar las características de diseño de este, pero considerando el ámbito en el que se desempeña el equipo. Son los efectos causados en la producción cuando un equipo o componente presenta un fallo dentro del proceso productivo.	1-10
Flexibilidad operacional	Representa la posibilidad de realizar un cambio inmediato para continuar con la producción sin incurrir en costos o pérdidas considerables; se mide entre 1, que representa la existencia de alguna opción de respaldo disponible, hasta el 4, que expresa la imposibilidad de realizar algún cambio para restablecer la continuidad del servicio.	1-4
Costo	Inversión en actividades de mantenimiento operacional para mejorar la calidad del servicio de telecomunicación y transmisión de datos; donde 1 representa poca inversión y 4, suficientes recursos económicos.	1-4
Impacto en Seguridad Ambiente e Higiene (SHA)	Busca la medición de indicadores de parámetros que reflejen la posibilidad de daños hacia personas, instalaciones o medio ambiente. Se mide en un rango de 0, que indica que no tiene ninguna incidencia, hasta 8, que indica que afecta significativamente la seguridad del entorno.	0-8

Fuente: Elaboración propia

Para la evaluación del contexto operacional se utilizó la matriz de riesgo (**¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**) establecida por Moubray (2004), pues esta permite determinar las acciones prioritarias dentro de una variedad de posibles operaciones; cabe señalar que esta se apoya en el denominado método GOD, el cual identifica las diferentes acciones que se deben realizar según los siguientes indicadores: Gravedad (Severidad), Ocurrencia y Detección. A continuación, se describe cada uno de estos. Gravedad: es un indicador utilizado para evaluar la magnitud o severidad que puede generar la ocurrencia de un modo de fallo. Ocurrencia: es la probabilidad de que un fallo específico ocurra en un tiempo determinado; esta medición se la realiza en una escala del 1 al 10. Detección: es un valor estimado que permite determinar, según una escala, la probabilidad de detectar un modo de fallo antes de que suceda.

Tabla 5

Evaluación de criticidad

Intervalo	Severidad	Ocurrencia	Detección
9-10	Puede afectar la seguridad del operador	Muy alta probabilidad de ocurrencia	Prácticamente imposible de detectar
6-8	Afecta la operatividad del equipo	Alta probabilidad de ocurrencia	Baja capacidad de detección
3-5	Moderado efecto en la producción	Moderada probabilidad de ocurrencia	Alta capacidad de detección
1-2	Mínimo efecto	Baja probabilidad de ocurrencia	Muy alta capacidad de detección

Fuente: Elaboración propia

En general, este análisis de criticidad busca determinar los equipos o procesos que se consideran fundamentales en plataformas de telecomunicaciones y transmisión de datos. Esta herramienta representa una metodología que puede ser cualitativa o cuantitativa. La medición se desarrolló a partir de la estimación de la ocurrencia de fallos, evaluación del impacto del fallo en el área operativa, económica, de seguridad humana y medio ambiente en el periodo de tiempo que va desde febrero a julio de 2019. Esta jerarquización de elementos críticos será la base que sustente el plan de mantenimiento para el tipo de plataformas tecnológicas estudiada en esta investigación. En la Tabla 6 se presenta la evaluación de criticidad, mientras que en la Tabla 7 se muestra la matriz de criticidad establecida de acuerdo a los siguientes parámetros: Frecuencia falla (FF); Contexto operacional (CO); Flexibilidad operativa (FO); Costo (CM); Impacto SHA (IS); Consecuencia (COxFO + CM + IS).

Tabla 6

Evaluación de criticidad

Equipo/ Parámetro	(FF)	(CO)	(FO)	(CM)	(IS)	(COxFO)+CM+ IS
Equipos de computación	221	8	3	2	0	26
Vehículos	83	9	3	2	6	35
Ponchador	15	3	1	1	1	5
Microteléfono	9	4	2	1	0	9
Tester Loop	8	4	2	1	1	10
Servidores CANTV	65	8	4	2	0	34

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7

Matriz de criticidad

Equipo/Parámetro	(FF)	(C)	Criticidad (FFxC)	Estado
Equipos de computación	221	26	5746	Crítico
Vehículos	83	35	2905	Crítico
Ponchador	15	5	75	Semicrítico
Microteléfono	9	9	81	Semicrítico
Tester Loop	8	10	80	Semicrítico
Servidores CANTV	65	34	2210	Crítico

Para determinar el estado de criticidad se consideró lo establecido por Moubray (2004), que advierte que una relación de frecuencia de fallo (FF) multiplicado por la consecuencia (c) que genere un resultado mayor a 90 se considera “crítico”, mientras que, si este factor se ubica entre 40 y 90, se considera “semicrítico”, y los que están por debajo de 40, “no críticos”. En tal sentido, se observa que en la matriz de criticidad los elementos medulares son los equipos computacionales, vehículos y servidores.

Fase IV: Diseño del plan

Después de este recorrido para la *resemantización* del modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad para plataformas de telecomunicación y transmisión de datos, se llega a un punto determinante definido como el diseño del plan de mantenimiento, que recoge los resultados hasta ahora encontrados. El plan de mantenimiento de plataformas de telecomunicaciones mediante la metodología centrada en confiabilidad genera un análisis de los dispositivos críticos (físicos y lógicos) que se tienen disponibles y sus posibles requerimientos; también estudia el comportamiento de las variables denominadas fallos para ofrecer un plan de acción con responsables y acciones específicas en lapsos preestablecidos, de tal forma que se pueda evitar las interrupciones en los servicios o la pérdida de la información total o parcial.

Tanto en las redes de voz (telecomunicaciones) como en los sistemas de información, se busca alcanzar un mismo objetivo general: calidad de servicios. Para ello, es necesario mantener la operatividad de las redes o infraestructuras TIC. Para generar un plan de acción que sirva de soporte, la empresa CANTV tomó como referencia la filosofía de trabajo propuesta en COBIT, es decir, su esquema operativo para la gestión de plataformas tecnológicas. Este esquema operativo presenta diseño, políticas, mejores prácticas, metodologías y estrategias para gestionar eficientemente una infraestructura de tecnología de información.

De acuerdo con lo que establece la documentación COBIT para CANTV, entendida esta como una corporación tecnológica que monopoliza el sector de telecomunicaciones en Venezuela, la gestión general para el mantenimiento de plataformas de transmisión de datos se puede dividir en 4 grandes áreas, las cuales se definen a continuación:

Operación: representa el conjunto de procesos realizados para garantizar la funcionalidad de todos los elementos que conforman la red y se realiza en cada fase del diseño de cualquier tipo de red. Esta gestión proporciona una imagen clara de los elementos de red, desde su ubicación directa hasta la definición de responsabilidades y sus mecanismos de control.

Servicio: comprende el conjunto de comandos operativos realizados en los elementos que conforman la red, y los permisos que poseen los usuarios para realizar las tareas recurrentes. Facilita el almacenamiento de cambios realizados en la red y el resguardo de históricos operativos. Incluye el registro de usabilidad de la red y los servicios que provee esta. De esta forma se obtienen los costos asociados a la tecnología existente. Por medio de esta gestión se realizan todos aquellos cálculos estadísticos de interfaces y protocolos.

Calidad: representa el grupo de funciones que habilita la identificación, aislamiento y/o depuración de operaciones irregulares de la red. El principal objetivo de esta gestión es detectar, registrar y corregir los eventos típicos o atípicos que ocurren en la red.

Control: mecanismo de garantía que permite confiar en que la información transmitida entre los elementos de la red sea correcta y completa, desde el emisor hasta el receptor; también asegura la seguridad en el manejo de los datos mediante mecanismos de confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información.

En definitiva, los servicios de telecomunicaciones y transmisión de datos se proporcionan según las características y condiciones inherentes a los propios equipos tecnológicos de los que dispone CANTV y a la convergencia entre todas sus redes. Desde el punto de vista de las redes orientadas a servicios de voz y datos, la gestión de estas plataformas se refiere al conjunto de actividades que se realizan para coordinar y controlar los recursos que soportan las comunicaciones. Este control asegura la operatividad de los servicios que ofrece esta empresa de telecomunicaciones, para lo que se requiere gestionar las redes (por ser el entorno que hace posible la comunicación entre los usuarios y la plataforma) y toda aquella plataforma tecnológica o TIC donde residen los servicios.

En general, la gestión del modelo de mantenimiento de plataformas de telecomunicación y transmisión de datos incluye integración y coordinación de *hardware*, *software* y de todos los elementos asociados con la evaluación, prueba y configuración de los recursos de la red para conseguir los requerimientos de tiempo real, desempeño operacional y calidad de servicio a un costo de equilibrio, es decir, en donde el costo de los servicios sea considerado por la calidad del servicio y su costo de operatividad.

CANTV debe definir sus operaciones internas y externas para mejorar los flujos de información. Esto se traducirá en eficiencia a la hora de brindar servicios de telecomunicación a los usuarios finales.

El mantenimiento de plataformas de telecomunicaciones debe ser concebido mediante elementos de planeación, análisis, diseño, desarrollo, implantación y evaluación de resultados, que permitan cuantificar la necesidad económica para la gestión de mantenimientos en este tipo de sector productivo. Se recomienda generar un esquema operativo a partir de la identificación de las mejores prácticas, de tal forma que se permitan el establecimiento de un estándar de calidad, útil y actualizable, para la organización acorde con las aspiraciones de los usuarios de CANTV.

Fase V: Reconceptualización

El modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad establece las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias para los activos más importantes (considerados como críticos) de acuerdo con su análisis funcional dentro del marco operacional esperado. Este esquema de trabajo representa un proceso de gestión de mantenimiento donde el equipo de trabajo maximiza la confiabilidad operacional y la continuidad de un servicio dentro de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo bien definidas. Su éxito está directamente relacionado con el desempeño que demuestra este equipo en el momento de proporcionar un sistema de gestión de mantenimiento integral que se adapte a los verdaderos requerimientos de los usuarios o clientes de CANTV. Para lograr este fin, es necesario contar con los elementos asociados a la seguridad personal, el ambiente, las operaciones y el costo beneficio, tal como lo define la MCC y la filosofía COBIT.

Del nuevo esquema metodológico propuesto en esta investigación, denominado Mantenimiento Confiable para Plataformas de Telecomunicaciones (MCPT), se han desarrollado de modo implícito y explícito hasta ahora las siguientes etapas y subetapas:

Etapas I

Identificación del negocio: reconocimiento de los objetivos y las estrategias de la organización, la estructura operacional y las políticas definidas para el mantenimiento.

Etapa II

Estudio de la plataforma TI; revisión de equipos y componentes y estudios de los procesos de TI.

Etapa III

Análisis de fallos: determinación de fallos funcionales; identificación de modos de fallos; estudio de consecuencia de fallos.

Etapa IV

Diseño de medidas pertinentes: definición de medidas proactivas; definición de medidas preventivas; definición de medidas predictivas; definición de medidas correctivas.

Para culminar con la aplicación de dicha metodología, solo resta el desarrollo de la Etapa V. Esta etapa consiste en la elaboración de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad, que, a su vez, incluya las siguientes tareas: integración del plan, documentación del plan, revisión y pruebas y presentación de resultados.

4. Discusión

Es precisamente en este punto de la investigación en donde se reflexiona sobre los resultados obtenidos en el desarrollo de las fases de la metodología. En este sentido, el mantenimiento de plataformas de telecomunicación es un proceso continuo que estudia la conexión de equipos que interactúan entre sí, lo que permite la transmisión de datos de forma rápida y segura. Sin embargo, para poder optimizar este proceso es fundamental que se realice un plan de mantenimiento de estas telecomunicaciones para activar mecanismos de solución ante cualquier interrupción que perturbe la continuidad del servicio. Este trabajo de investigación tiene el propósito de presentar un producto innovador de gran proyección que pueda ser replicado en otros contextos similares o en corporaciones nacionales o internacionales del mismo sector.

La etapa de implementación tiene como objetivo principal la ejecución de las actividades diseñadas en las fases previas, así como la definición de las directrices generales para su puesta en marcha. A pesar de que la aplicación de la propuesta no forma parte de esta investigación, a continuación, se sugieren 4 condiciones que facilitarían su ejecución y presentación de resultados.

1. Adaptación de la estructura organizacional: CANTV debe realizar una reingeniería de sus esquemas operativos para adaptarlos a los nuevos escenarios tecnológicos, y, de esta forma, hacer frente a las exigencias actuales y potenciales de sus usuarios.
2. Adecuación del clima organizacional: dentro del proceso de aplicación del plan, debido al sector tecnológico y a la situación social, política y económica que atraviesa el país, la adecuación del clima organizacional representa la tarea de mayor complejidad. Y esto en gran parte por la resistencia al cambio que se podría generar entre los actores y las gerencias que conforman la estructura organizacional actual. Para fomentar mejoras en el clima organizacional encaminadas a construir una nueva cultura de mantenimiento se sugiere comunicar los beneficios esperados, transmitir los objetivos y las metas establecidas, e integrar a todos los actores en cada una de las fases de implementación del modelo de mantenimiento.
3. Desarrollo de actividades: permite exponer a todo el personal las principales tareas que se deben ejecutar para el cumplimiento de los objetivos. Es importante reflejar el origen, propósito y descripción de cada actividad. Además, es importante señalar que el análisis de capacidades y potencialidades de los actores debe ser tomado en consideración. Se deben explicar los recursos necesarios para el desarrollo armónico de estas actividades y el plan de formación que pudieran requerir de acuerdo con la realidad organizacional y operativa.

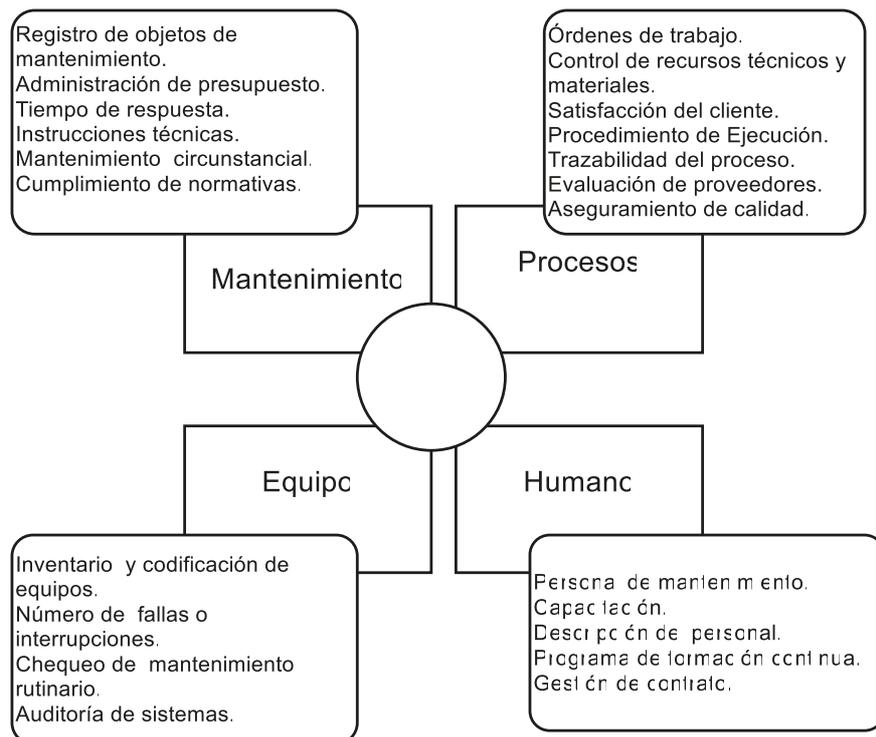
4. Revisión continua: una vez realizada la implantación de actividades se sugiere hacer un seguimiento a través de mediciones de gestión; lo que se busca con esto es visualizar los resultados obtenidos (y por obtener) con la incorporación de una nueva filosofía de mantenimiento, que resalte las desviaciones que pudieran surgir para tomar las medidas pertinentes de forma oportuna y, de este modo, optimizar los recursos y garantizar la calidad del servicio de telecomunicaciones y transmisión de datos.

La evaluación metodológica consiste en medir los resultados obtenidos al aplicar la guía de pasos establecida como marco de referencia conceptual y operacional, es decir, verificar utilizando una lista de cotejo o *check list* como herramienta de identificación inicial. Paso previo para avanzar en un análisis detallado de eficiencia de los equipos a partir de la identificación de los indicadores clásicos normalmente esperados en todo programa de mantenimiento. En este sentido, a continuación, se proponen 3 categorías evaluativas que se podrían tomar en cuenta.

Mediciones cuantitativas: consiste en realizar mediciones numéricas en relación con la gestión de mantenimiento. Entre ellas se sugiere medir los indicadores propuestos, antes, durante y después de la ejecución del programa de mantenimiento, lo cual permitirá realizar comparaciones entre los resultados para tomar las acciones correspondientes y proponer los cambios que se requieran.

Figura 3

Esquema general de confiabilidad operacional para el mantenimiento de plataformas de telecomunicación y transmisión de datos



Fuente: Elaboración propia

Mediciones cualitativas: son aquellas evaluaciones relacionadas a los atributos o cualidades subjetivas que han surgido de la interpretación personal de los involucrados. No son tan precisas como las mediciones cuantitativas, pero ofrecen un nivel de participación mayor, porque se trata de análisis simples que no requieren gran inversión de tiempo.

Evaluación externa: consiste en mediciones de especialistas en el área de mantenimiento y tecnología (internos y externos), que aportan, desde su perspectiva, una noción técnica de los resultados obtenidos en la aplicación de la metodología.

En definitiva, la planificación del mantenimiento centrado en confiabilidad para plataformas de telecomunicación y transmisión de datos en la empresa CANTV tiene como objetivo definir cómo, cuándo y dónde se deben realizar las diferentes instrucciones técnicas para cada objeto que requiere mantenimiento. La planificación puede establecerse para periodos anuales, semestrales, mensuales, semanales o diarios, dependiendo de la dinámica del proceso y del conjunto de actividades que requieran ser programadas para lograr las expectativas planteadas. Finalmente, en la Figura 3, se presenta el esquema general de confiabilidad operacional para el mantenimiento de plataformas de telecomunicación y transmisión de datos.

5. Conclusiones

Luego de estudiar el contexto internacional y nacional del negocio de las telecomunicaciones y la transmisión de datos, se identificaron los elementos determinantes del modelo centrado en confiabilidad para su adecuación en este tipo de plataformas, lo que, a su vez, permitió identificar los principales factores críticos: presencia de mecanismos regulatorios, baja rentabilidad del negocio en el país y falta de planes formales de mantenimiento. A partir de este diagnóstico, se propuso como esquema operativo para el diseño de programas de mantenimiento en la empresa CANTV la Metodología de Mantenimiento Confiable para Plataformas de Telecomunicaciones (MCPT).

El estudio de la infraestructura de telecomunicaciones y transmisión de datos generó un diagnóstico integral de las condiciones actuales en la corporación, que se permitió contar con un estudio del entorno específico de CANTV, los aspectos legales involucrados, los recursos disponibles y el establecimiento de requerimientos técnicos para mejorar el servicio ofrecido.

Mediante el análisis del esquema de fallos y los niveles de criticidad, considerados como medidas de prevención y control de operaciones, se lograron determinar que los equipos y las herramientas que presentan mayor incidencia de averías –y por lo tanto, requieren mayor atención en los programas de mantenimiento– son computadores, vehículos, ponchador, microteléfono, tester loop y servidores. Esta situación pudo ser demostrada mediante la aplicación de la matriz de criticidad, inherente a la metodología desarrollada.

Luego de haber definido la gestión para el mantenimiento de plataformas tecnológicas, el establecimiento de indicadores de gestión y la identificación de mejores prácticas de mantenimiento, se diseñó un plan de acción acorde con esquema de fallos y los niveles de criticidad para la activación oportuna de medidas preventivas. Dentro de este proceso cabe resaltar la importancia que tuvo el desarrollo de auditorías programadas para los equipos y sistemas.

La redefinición de la concepción técnica y operativa del modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad permitió generar un esquema conceptual y práctico inédito para el control de fallos en plataformas de telecomunicaciones y transmisión de datos, lo que permitió generar fundamentos innovadores para este tipo de actividades. Este logro permite optimizar de forma integral los recursos, al mismo tiempo que satisfacer al cliente mediante la propuesta de un programa general de mantenimiento confiable para plataformas de telecomunicaciones. En este caso, aplicado en la empresa CANTV, pero que pudiera llevarse con igual éxito a otras organizaciones similares.

Referencias

- Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación*. Caracas, Venezuela: Editorial Episteme,
- Balladares, J. (2017). *Parámetros de calidad del servicio de acceso a Internet en redes convergentes y construcción de una sonda para la medición de parámetros de velocidad de descarga, velocidad de subida, tiempo de ping y latencia para usuarios finales del servicio de acceso a Internet para la coordinación zonal 4 de la agencia de regulación y control de las telecomunicaciones* [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Ecuador].
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13490/Tesis%20final%20Jorge%20Balladares.p>

df?sequence=1&isAllowed=y

- Bravo, F. (2016). *Elaboración de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad* [Tesis de Grado, Universidad Central de Venezuela, Cagua].
<http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/16893/1/Trabajo%20Final%20de%20Grado%20Fabi%C3%A1n%20Bravo.pdf>
- García, C. (2015). *Modelo de gestión de mantenimiento para incrementar la calidad en el servicio en el Departamento de alta tensión de STC Metro de la ciudad de México* [Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional]. <https://docplayer.es/51084249-Instituto-politecnico-nacional-unidad-profesional-interdisciplinaria-de-ingenieria-y-ciencias-sociales-y-administrativas.html>
- Hurtado, J. (2007). *El proyecto de investigación. Metodología de la investigación holística*. Caracas, Venezuela: Editorial Sygal.
- Knezevic, J. (1996). *Mantenibilidad*. España: Editorial Isdefe.
- Ley Orgánica de Telecomunicaciones (2011). Publicada en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela. 7 de febrero de 2011, D.O. No. 39.610.
- Maya, J. (2018). *Aplicación de RCM como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, Departamento de Ingeniería Mecánica]
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/64727/98702383.2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mora, A. (2009). *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. Alfaomega Grupo Editor, México.
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. EUA: E. Brothers.
- Orbe, M. (2017). *Propuesta metodológica de analítica de datos para estudio y análisis de tráfico en redes de telecomunicaciones*. [Tesis de Maestría, Escuela Politécnica Nacional].
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19046/1/CD-8442.pdf>
- Rivas, E. (2017). *Modelo teórico de un sistema de gestión de mantenimiento basado en los principios de la gerencia de proyectos*. [Tesis de Maestría, Escuela Politécnica Nacional].
<http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAQ9426.pdf>
- Romero, E. (2019). *El aislamiento como estrategia. Rezago, empobrecimiento de la calidad y censura a medios digitales*. Caracas. Venezuela: Sector de Telecomunicaciones.
- Villacrés, S. (2016). *Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM) para el vehículo hidrocleaner vactor m654 de la empresa Etapa EP*. [Tesis de Maestría, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4749/1/20T00717.pdf>
- Wither, N. (2014). *Diseño de un plan de auditoría interna de sistemas, para un modelo de aerolínea doméstica ecuatoriana, basado en análisis de riesgos, y tomando como marco de referencia COBIT 5*. [Tesis de Grado. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil].
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/2822/1/T-UCSG-PRE-ECO-MD-CICA-5.pdf>
- Zecchetto, V. (2011). El persistente impulso a resemantizar. *Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, 14, pp. 127-142.

Ingeniería en Alimentos



RTE



Elaboración de una Pasta Emulsionada de Cáscara de Chontaduro (*Bactris gasipaes*)

Preparation of an Emulsified Paste of Peach Palm Peel (*Bactris gasipaes*)

Juan Felipe González Henao¹
Gonzalo Gnecco Mancheno¹
Aybi Patiño¹
Eduardo Enciso Peña¹
María Isabel Páez¹

¹ Corporación Biotec, Km 17 Recta Cali-Palmira, Colombia
juan1992felipe@gmail.com
necco69@hotmail.com
aybipati@gmail.com
eee@corporacionbiotec.org
maria.paez.valencia@outlook.com

Enviado: 2020/12/20
Aceptado: 2021/01/28
Publicado: 2021/06/30

Resumen

El Chontaduro es una fruta exótica tropical típica de las selvas del sur y suroccidente de Colombia, con arraigo ancestral en las comunidades de estas regiones. Proveniente de la palma de chonta, es consumido tradicionalmente fresco y cocinado. Actualmente, se producen alrededor de 44 Ton/año de cáscaras de chontaduro en la región del Cauca, Valle del Cauca y Putumayo; cada una de estas aporta una tercera parte de esa producción. Algunas industrias han empezado a desarrollar su consumo masivo, procesando de formas novedosas la pulpa de esta. Durante la operación de pelado, estas industrias generan un coproducto utilizando el proceso denominado cáscara con adherencia de pulpa. El objetivo de este trabajo fue agregarle valor a este coproducto elaborando una pasta emulsionada que sirve como ingrediente para la elaboración de alimentos en los que el chontaduro es la característica organoléptica principal. Además, se describen las condiciones de operación encontradas mediante experimentación a nivel de laboratorio y se establecen valores cuantitativos para dichas condiciones. También, se realizaron los análisis de composición (tabla nutricional), físicoquímicos, microbiológicos y vida útil. Estos valores quedan disponibles para realizar un escalamiento del proceso a escala industrial. Las pruebas de concepto del producto muestran interesantes características potenciales; abre una nueva línea derivada del chontaduro: una pasta que facilita la adición de un ingrediente estable, que remite al sabor del chontaduro en platos o

Sumario: 1 Introducción, 2 Materiales y Métodos, 3 Resultados y Discusión, 4 Conclusiones.

Como citar: González, J., Gnecco, G., Patiño, A., Enciso, P., & Páez, M. (2021). Elaboración de una Pasta Emulsionada de Cáscara de Chontaduro (*Bactris gasipaes*). *Revista Tecnológica - Espol*, 33(1) 72-83. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/794>

formulaciones de alimentos con la comodidad de poderse hacer en cualquier momento del año, con disponibilidad inmediata y sin necesidad de un procesamiento del fruto.

Palabras clave: *Bactris gasipaes*, biomasa residual, cáscara de chontaduro, emulsión, ingrediente natural, pasta de chontaduro.

Abstract

Peach palm is a typical tropical exotic fruit of the jungles in the South and Southwest of Colombia, with regional ancestral roots in the communities. It is traditionally consumed fresh or cooked, coming from La Palma de Chonta. Annually, 44 tons of peach palm peels are generated in the Cauca, Valle del Cauca, and Putumayo regions. Each region contributes a third of that production. Some industries have begun to develop by their mass consumption, creating novel ways of presenting their pulp. These industries generate a by-product in their process called peel with pulp adhesion, during the peeling operation. The objective of this work is to add value to this product by making an emulsified paste that serves as an ingredient for food preparation in which peach palm is the organoleptic characteristic. The operating conditions found by laboratory experimentation are described, and quantitative values are established for these conditions. Composition (nutritional table), physicochemical, microbiological, and shelf-life analyses were carried out and these values are used to scale the process to industrial size. The product concept tests show interesting potential characteristics, it opens a new line derived from peach palm, a paste that facilitates the addition of a stable ingredient, which refers to the flavour of peach palm in dishes or food formulations. This creates the convenience of production year-round, with immediate availability and no need for fruit processing.

Keywords: *Bactris gasipaes*, peach palm paste, peach palm peel, emulsion, natural ingredient, residual biomass.

1. Introducción

El Chontaduro es un fruto de la palma de chonta, tradicionalmente consumido por las poblaciones de las zonas de la selva húmeda tropical de Colombia, especialmente, en la costa Pacífica, selva del Amazonas y algunas regiones selváticas del Orinoco (Reyes et al., 2002).

Es un cultivo artesanal, con una cadena de valor poco estructurada y serios problemas de plagas en el cultivo por desequilibrios ecológicos. Produce dos cosechas abundantes al año. El procesamiento (lavado, cocción y pelado) está distribuido geográficamente en personas que lo procesan y el consumo es disperso debido a la itinerancia de los vendedores (Hernández et al., 2008). Unas pocas fábricas en Cali (Valle), El Tambo (Cauca) y Villa Garzón (Putumayo) procesan la fruta del chontaduro para darle mayor valor agregado y generar productos derivados (Giraldo et al., 1999).

Dos fuerzas dirigentes motivan el desarrollo del producto analizado en este artículo: a) el aprovechamiento de una biomasa residual, que actualmente no tiene un uso en las empresas que dan valor agregado al chontaduro b) la búsqueda de un producto accesible como fuente potenciadora del sabor de esta fruta, propia de las regiones selváticas de Colombia e ingrediente en la cocina artesanal de restaurantes o en las formulaciones de productos industriales (López-Calvo et al., 2015).

Entre los estudios precedentes que involucran productos derivados del chontaduro, se encuentran aquellos que determinan la concentración de pigmentos carotenoides en harina de residuos de chontaduro y que indican el aprovechamiento de subproductos. Estos se generan luego del consumo del chontaduro, al evaluar la harina residual de cáscara de este fruto a partir de la identificación y cuantificación de carotenoides; para esto se utiliza una columna YMC en un equipo HPLC con longitud de onda fija en 450 nm. Sus resultados evidencian la presencia de violaxantina, luteína, zeaxantina, variedad de beta carotenos y un alfa caroteno, lo que comprueba la importante presencia de pigmento carotenoide y provitamina A: lo que representa un gran aporte para la industria alimentaria (Martínez y Ordóñez, 2016).

En el mismo sentido, existen investigaciones del subproducto del chontaduro (harina fabricada de las cáscaras de esta fruta) donde se analiza la composición fisicoquímica de esta harina por secado convectivo (Martínez-Girón et al., 2017), que han determinado la presencia de variados compuestos bioactivos: carotenoides, compuestos fenólicos y otros. Además de esto, se evalúa el encapsulado de betacarotenos extraído a partir de estos residuos de chontaduro, en un estudio de estabilidad que usaron dos procesos de secado por atomización (Ordóñez-Santos et al., 2018). Y para finalizar con la línea de investigación, se ha realizado la extracción de carotenoides totales a partir de epicarpio o cáscara de chontaduro seca y molida mediante la aplicación de ultrasonido y aceite vegetal como agente extractor (Girón et al., 2019).

Se incluyen dentro de los antecedentes, publicaciones del aprovechamiento de residuos o subproductos del pelado de chontaduro provenientes de Perú, Ecuador, Costa Rica y departamentos colombianos, como los de Cauca, Putumayo y Amazonas (Sam y Vásquez, 2002). También la caracterización del fruto en partes, como el mesocarpio o pulpa, epicarpio o cáscara, determinan en su composición factores antinutricionales y nutrientes principales (Restrepo y Estupiñán, 2011). Su uso es tan variado como su forma de harina, por ejemplo, para un producto fermentado a base de subproductos del chontaduro, tanto para consumo animal como en seres humanos (Rojas et al., 2011; Murillo et al., 2016). Cabe aclarar que no se han encontrado iniciativas con este subproducto del chontaduro para crear una pasta a nivel de prototipo o con posibilidad de escalamiento a nivel industrial.

El propósito de este documento es el de describir la manera en cómo se obtuvo el prototipo de un producto derivado de las cáscaras del chontaduro denominado ‘pasta emulsionada de cáscara y pulpa de chontaduro’ para uso en el sector alimenticio.

2. Materiales y Métodos

Materiales

1) *Chontaduros*: se usaron chontaduros maduros crudos, obtenidos en el centro de acopio comercial de por estos frutos denominado Puerto Chontaduro, en Cali, Colombia; Calle 34N # 3N24; adquiridos en racimos.

2) *Agua*: se usó agua destilada obtenida en un laboratorio por evaporación y condensación.

3) *Aditivos*: se usaron aditivos de grado alimenticio comprados comercialmente en un distribuidor. Son de origen natural o petroquímico.

Métodos para medición de aguas residuales

Se usaron los métodos analíticos contenidos en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; 23.a Edición, 2018 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Microbiología

Se usaron los métodos analíticos de determinación para cada tipo de microorganismos; se hizo, por siembra en una placa de agar nutritivo específico para cada microorganismo (Ministerio De Salud y Protección Social, 2013; FAO/WHO, 2019), cultivo en una incubadora y conteo de colonias (Levaduras BIO-PR-158 V3 (2016-08-25); Bacterias Mesófilas Aeróbicas: Método NTC 4519 (2009-04-15); Mohos BIO-PR-158 V3 (2016-08-25); Escherichia Coli: NTC 4458 (2007-12-12); Salmonella: ISO 6579-1:2017; Coliformes fecales y totales: NTC 4458 (2007-12-12); Estafilococo coagulasa: NTC 4779 (2007-08-29); Esporas Clostridium: ICMSF (Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para los Alimentos). INVIMA:1998. Cap.2, Num.10; Bacillus Cereus: NTC 4679 (2006-08-30).

Plaguicidas

Se hace por la metodología de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas sobre una solución hecha con los materiales macerados con hexano. Se sigue métodos de residuos múltiples por GC-MS/MS y LC-MS/MS para más de 560 compuestos [18] para la cuantificación de pesticidas y cuantificación de glifosato, AMPA y glufosinato en frutas, verduras y cereales (Ministerio De Salud y

Protección Social, 2013; FAO/WHO, 2019; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y de la Protección Social, 2007).

Análisis proximal y tabla nutricional

Se usaron los métodos analíticos definidos por la legislación colombiana pertinente (normas ISO 1871, AOAC 985,35; 923,03; 985,29; 923.09, ICP-OES, BIO PT-019 V4) para la caracterización de composición de alimentos, incluyendo el cálculo por diferencia para la determinación de carbohidratos y calorías.

Análisis fisicoquímicos

Humedad y materia volátil (pérdida por secado a 103°C), acidez (expresado como ácido oleico) volumetría a pH 8,3, índice de peróxidos (NTC 236), residuos de ignición (basado en AOAC 923,03), viscosidad Brookfield DV1-LV (viscosímetro Aguja No. 3; 5 rpm a 35°C x 1 min), densidad a 20° C (picnometría), tamaño de partícula (diámetro medio), difracción láser equipo Cilas 920, pH directo a 20,4°C (BIO-PT-036 determinación de pH por potenciometría), contenido de gluten (Inmunoensayo enzimático/basado en AOAC 2012.01), sólidos solubles ° Brix (refractometría), metales pesados por ICP-OES (espectrometría de masas de plasma o plasma de acoplamiento inductivo es una fuente de ionización que, junto a un espectrofotómetro de emisión óptico (OES) constituye el equipo de ICP-OES) (Ministerio De Salud y Protección Social, 2013; FAO/WHO, 2019).

Vida útil acelerada

GTC 165: Análisis sensorial. Metodología. Guía General NTC 2680: Análisis Sensorial. Metodología. Prueba de Comparación Pareada. NTC 5328: Análisis Sensorial. Directrices para el uso de escalas de respuesta cuantitativas.

Prueba de concepto

Por medio de prueba hedónica adaptada de 7 puntos (Drake, 2007), recomendada por la mayoría de los estudios o proyectos de investigación estándar, se puede determinar si existen diferencias entre los productos en la aceptación del consumidor. La escala de 7 puntos asigna dicha puntuación desde la menor valoración (1=me disgusta mucho) hasta la máxima puntuación (7=me gusta mucho), pasando por el resto de los valores (2=me disgusta moderadamente, 3=me disgusta poco, 4=no me gusta ni me disgusta, 5=me gusta poco, 6=me gusta moderadamente).

A los 5 panelistas se les pide evaluar muestras de varios productos (3 en este caso), indicando cuánto les agrada cada muestra marcando una de las categorías en la escala. Cabe resaltar que la escala puede ser presentada gráfica, numérica o textualmente (Clark et al., 2009).

Las características que se evalúan son organolépticas (color, olor, textura, sabor), las cuales se dividen en una serie de categorías determinadas. Hay un espacio para comentarios adicionales, si es el caso, en cada categoría evaluada. Se pueden comparar los datos de consumo (escala hedónica) empleando en el análisis la prueba no paramétrica de Friedman combinado con el procedimiento Nemenyi (Bayarri et al., 2012).

3. Resultados y Discusión

Características de la Cadena de Valor

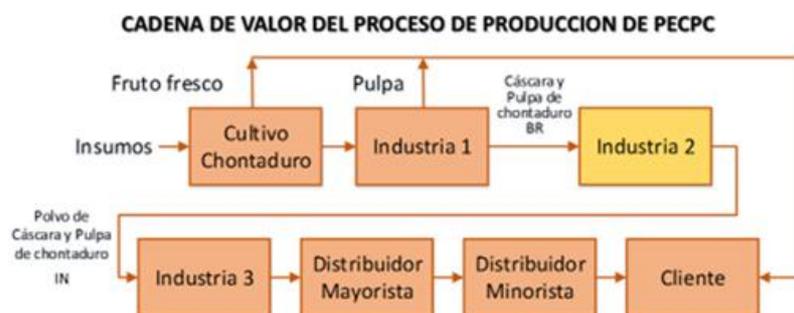
La Figura 1 muestra la cadena de valor del proceso de la pasta emulsionada de cascara y pulpa de chontaduro.

El proceso que se describe es parte de la cadena de valor del chontaduro, que empieza en el cultivo, sigue en las empresas que procesan al chontaduro y le agregan valor al convertirlo en productos directamente utilizables por el cliente, denominadas en la Figura 1, genéricamente, como industria primaria (Graefe et al., 2013).

Dentro de esta cadena, el proceso de producción de la pasta emulsionada de cáscara y pulpa de chontaduro (PECPC) corresponde a uno más de los productos derivados del chontaduro y a una ampliación del portafolio de estas industrias agrupadas como industria primaria.

Figura 1

Cadena de valor de la pasta emulsionada de cáscara y pulpa de chontaduro



Fuente: Elaboración propia

Se ha denominado industria secundaria a aquella que procesará las cáscaras con pulpa adherida generadas en la industria primaria y que se describe en este artículo. La PECPC será usada por la industria final que fabricará los productos, que serán distribuidos por una cadena formada por un distribuidor mayorista y un distribuidor minorista hasta llegar al cliente o consumidor final. En esta cadena, los restaurantes artesanales y las empresas de suministro de comidas industrializadas (*catering* en inglés) no necesariamente tendrán que pasar a través de los canales de distribución.

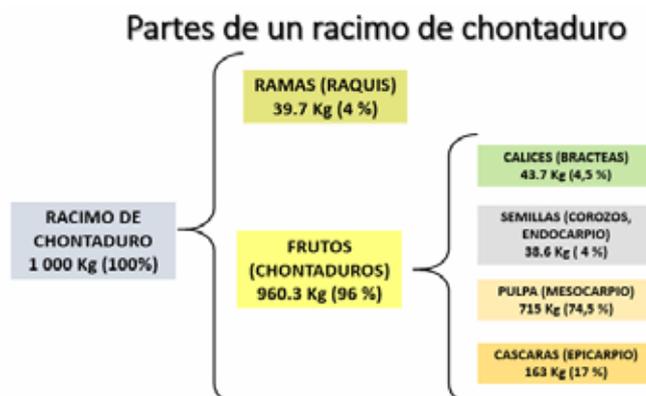
Esta cadena puede tener acoplados sistemas logísticos de transporte y almacenamiento que se han omitido en aras de simplicidad. Este diagrama permite ubicar el proceso dentro de la complejidad que tiene la cadena de valor.

Características de la Materia Prima

El producto que genera el cultivo es un racimo de chontaduro con frutos maduros, y es la unidad que comercialmente se intercambia. La Figura 2 muestra la composición promedio de un racimo de chontaduro y el peso en porcentaje de un fruto de este. Un racimo puede pesar entre 5 y 12 Kg, y un fruto, entre 15 a 45 gramos (Valencia et al., 2013; MADR, 2017).

Figura 2

Composición de las partes del racimo y el fruto del chontaduro



Fuente: Elaboración propia

La Figura 3 muestra la materia prima tal como llega desde el proveedor con sus características básicas. Esta materia prima, denominada cáscara con pulpa adherida, se origina al pelar manualmente los frutos de chontaduro lavados y cocinados en la industria primaria.

Se encontró que la cáscara de chontaduro proveniente del pelado manual de la fruta contiene el 36 % de material fibroso, correspondiente a la piel o cáscara (epicarpio), y 64 %, correspondiente a pulpa adherida (mesocarpio). Del total del fruto, esta cáscara con pulpa adherida corresponde al 16 % de su peso total.

Figura 3

Cáscaras con pulpa adherida del pelado del chontaduro



El análisis proximal de la cáscara del chontaduro se muestra en la Tabla 1, en la que se compara con harinas de pulpa de chontaduro y con una harina de pulpa y cáscara de chontaduro.

Tabla 1

Composición de la cáscara con pulpa adherida de chontaduro, harinas de chontaduro comerciales y harina de solo cáscara

Análisis	Unidad	HC sin Cáscara promedio ¹	HC sin Cáscara (DE) ²	HC con Cáscara ³	Cáscara de chontaduro ⁴
Carbohidrato	g/100g	78,46	4,33	72,08	39,84
Grasa total	g/100g	6,65	4,33	11,93	6,25
Proteína	g/100g	5,37	0,03	4,92	3,98
Cenizas	g/100g	1,90	0,01	1,71	0,81
Humedad	g/100g	7,63	0,01	9,36	49,12
Total	g/100g	100	100	100	100
Humedad	g/100g	7,63	0,01	9,36	49,12
Sólidos secos	g/100g	92,37	0,01	90,64	50,88
Total	g/100g	100	100	100	100
Calorías de grasa	cal/100g	59,82	39,05	107,41	56,25
Calorías totales	cal/100g	395,13	21,67	415,41	231,53
Fibra dietaria insoluble	g/100g	8,66	2,70	8,8	N/A
Fibra dietaria soluble	g/100g	3,49	0,75	3,64	N/A
Fibra dietaria total	g/100g	12,15	1,95	12,44	10,53

1. Harina de chontaduro sin cáscara, promedio de MARCA A y MARCA B comercializada en el Pacífico colombiano, analizada para Corporación Biotec
2. Harina de chontaduro sin cáscara, Desviación Estándar MARCA A y MARCA B comercializada en el Pacífico colombiano, analizada para Corporación Biotec
3. Harina de chontaduro con cáscara elaborada por el proyecto y analizada para Corporación Biotec
4. Cáscara de chontaduro cocido comercializada en el Pacífico colombiano, analizado para Corporación Biotec

Se puede notar que la PECPC es muy parecida a las harinas de pulpa de chontaduro. El análisis en base seca muestra que contiene un poco más de fibra, con reducción en la concentración de proteínas y grasas.

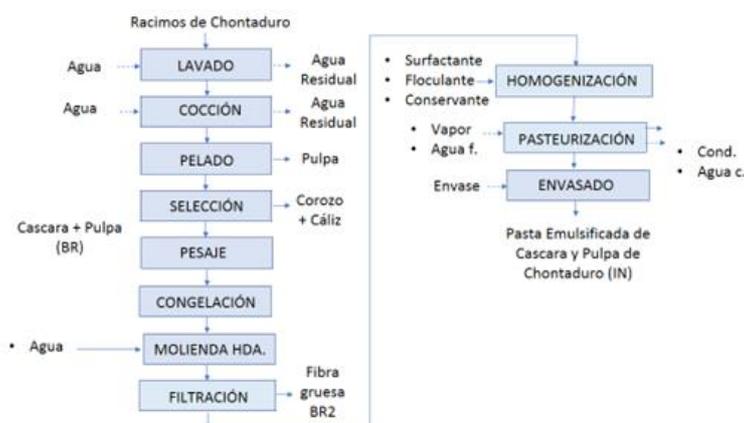
Esta materia prima es altamente perecible, por tal razón el proceso debe estar en la misma instalación de la industria que lo genera (industria primaria en la cadena de valor) para garantizar que el material no esté sometido a demoras en su procesamiento. Los análisis microbiológicos de metales pesados y plaguicidas realizados a la PECPC no presentaron incumplimientos por fuera de los límites establecidos para el consumo humano por el Codex Alimentarius y la legislación vigente en Colombia. De la misma manera, las aguas residuales de lavado y cocción del chontaduro se presentan como de tipo domésticas, que se pueden tratar con un sistema básico de saneamiento.

El Proceso

La descripción del proceso con las diferentes etapas que la conforman aparece en la Figura 4.

Figura 4

Diagrama de bloques del proceso de producción de pasta emulsionada de cáscara y pulpa de chontaduro



Fuente: Elaboración propia

La Tabla 2 muestra los factores de conversión del proceso.

Tabla 2

Factores de conversión y eficiencias del proceso de producción de pasta emulsionada de cáscara y pulpa de chontaduro

Cultivo	Chontaduro
Fruta fresca Kg	6135
Factor Kg de BR/Kg de fruta	0,163
Biomasa residual Kg	1000
Factor Kg IN/ Kg de BR	1,5
Ingrediente natural (IN) Kg	1500
Factor Kg BR2/ Kg BR	0,2
Biomasa residual 2 (BR2) Kg	200
Eficiencia proceso %	88,2

Fuente: Elaboración propia

Puede resumirse el proceso de la siguiente forma: un primer grupo de etapas, que consta de lavado, cocción, pelado, selección, está destinado a la limpieza del chontaduro y a la separación de las fracciones que no cumplan con la calidad de la materia prima que se va a procesar (Moreno, 2005). La cocción permite mejorar la digestibilidad de los carbohidratos contenidos en la pulpa.

El resumen de las eficiencias y los factores de conversión obtenidos para el proceso aparece en la Tabla 3.

Puede constatarse que el proceso es expansivo, es decir, la masa de producto final es superior a la masa de materia prima entrante. La razón para esto es la adición de agua en la etapa de la molienda

húmeda y la adición de aditivos. Las pérdidas de biomasa residual 2 (fibras largas) no afectan esta expansión de la cantidad de masa que se genera en el producto final.

Tabla 3

Formulación para homogenización de la PECPC

Ingrediente	Composición Kg/Kg PECPC	Distribución %
Cáscara con pulpa adherida de chontaduro	1	74,34
Cutina	0,25	18,58
Goma xanthan	0,02	1,48
Benzoato de sodio	0,025	1,85
Butilhidroxitolueno (BHT)	0,025	1,85
Sorbato de potasio	0,025	1,85
Total	1,345	100

Fuente: Elaboración propia

El proceso de producción de la PECPC parte de racimos de chontaduro y no de cáscaras de chontaduro. Ya que se pretende dar elementos de juicio a quien vaya a operar el proceso de las condiciones bajo las cuales se debe hacer el manejo de los racimos recibidos desde el cultivo hasta obtener la materia prima de este proceso, que es la cáscara con pulpa adherida, producto del pelado de los frutos, se mencionan las etapas que esto involucra: lavado, cocción, pelado y selección.

La importancia que esto tiene para la obtención del ingrediente natural radica en que estas operaciones retiran los contaminantes más importantes que pueden provenir del cultivo: materia extraña, plaguicidas, parte de metales pesados y población bacteriana. Si se siguen adecuadamente los procedimientos se supone que se llega con una carga de contaminantes reducida.

La etapa de congelación facilita la molienda posterior y, además, se necesita por logística para mantener un inventario de materia prima para periodos cortos de ausencia de envíos. Su justificación es la logística de manejo de los materiales. Debe ser congelada para evitar proliferación de microorganismos.

La etapa de molienda húmeda permite reducir de tamaño las cáscaras de chontaduro, dando uniformidad a estas. Esta operación se realiza agregando agua y las cáscaras de chontaduro en una licuadora. Se garantiza un tamaño de partícula media de 700 μm . Esto reduce la longitud de la fibra de la cáscara. Se produce en promedio 1,6 Kg de molienda húmeda de cáscara de chontaduro por cada Kg de biomasa residual (cáscara de chontaduro) que ingresa al proceso de licuado.

La etapa de filtración retira del proceso aquellas fibras largas por medio de una filtración con malla de acero inoxidable de 7 mm, las cuales van a constituir el mayor volumen de residuo que genera el proceso y cuyo destino debe determinarse a escala real, por ejemplo, entre lo más recomendable para la alimentación de rumiantes o la producción de compostaje.

La homogenización se llevó a cabo en un molino coloidal, el cual realiza una molienda muy fina de las partículas procedentes de las cáscaras de chontaduro hasta un tamaño medio de partícula de 41 μm . Posteriormente, con la ayuda de los aditivos se promueve la emulsión de los aceites presentes en el chontaduro con las fracciones acuosas de la molienda húmeda para formar la pasta, en la misma operación (Friberg y Kayali, 1991; Robins y Wilde, 2003). Esto garantiza que todo el contenido del chontaduro, con sus sabores y olores, va a estar presente en una suspensión coloidal estable.

Los aditivos usados fueron cutina (agente emulsificante para aceites, grasas, disolventes) y ceras, que proporcionan emulsiones O/W, benzoato de sodio y sorbato de potasio, útiles como conservantes en la mayoría de los alimentos. Estos se usaron, pues inhiben la actividad microbiológica de levaduras, bacterias y mohos. BHT es un compuesto químico que retarda la rancidez de grasas, aceites vegetales y animales, así como de los alimentos que los contienen y de goma xantha, cuya

función es la de actuar como coloide hidrofílico para espesar, suspender y estabilizar emulsiones y otros sistemas basados en agua. Fácilmente soluble en agua caliente o fría, proporciona viscosidad estable de las soluciones en amplios rangos de temperatura; son aditivos ampliamente utilizados en la industria alimentaria y que aseguran la conservación de la calidad e inocuidad de la PECPC.

La etapa de pasteurización se realizó a 90 °C, por un tiempo de 30 minutos, hasta bajar la temperatura a 10 °C por otros 30 minutos, y cumplir con la normatividad existente para un aditivo en alimentos.

Las pérdidas por filtración (biomasa residual 2) son menores que las adiciones. La eficiencia global del proceso, sin considerar perdidas en los equipos por lavados de estos, es de 88,2 %.

Características del Producto Final

El proceso conserva bastante bien las características nutricionales de la materia prima en el producto final (PECPC). Esto se puede ver en la Tabla 4. Los aditivos usados contribuyen por su carácter aceitoso, que aportan grasas y ácidos grasos, a enriquecer el contenido calórico del ingrediente natural visualizado en la Figura 5.

Figura 5

Pasta emulsionada de cáscara y pulpa de chontaduro



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4

Comparación entre la materia prima y el producto final (composición en base húmeda)

Análisis	Unidad	Cáscaras chontaduro	PECPC promedio	Desviación estándar
Carbohidrato	g/100g	39,84	12,49	2,59
Grasa total	g/100g	6,25	6,12	0,92
Proteína	g/100g	3,98	1,01	0,22
Cenizas	g/100g	0,81	0,58	0,16
Humedad	g/100g	49,12	79,8	3,53
Total	g/100g	100	100	--
Humedad	g/100g	49,12	79,8	3,53
Sólidos secos	g/100g	50,88	20,2	3,53
Total	g/100g	100	100	--
Calorías de grasa	cal/100g	56,25	55,11	8,28
Calorías totales	cal/100g	231,53	103,2	14,55
Fibra dietaria total	g/100g	10,53	4,04	0,73

Fuente: Elaboración propia

Pruebas de Concepto

Se realizó una prueba de concepto en un panel con 5 jueces entrenados o altamente entrenados, reclutados por agudeza sensorial y motivación, expertos en productos naturales y derivados del chontaduro, usando la PECPC como parte de formulaciones para 1) una salsa 2) el ingrediente solo 3)

un yogurt 4) una bebida. Los resultados mostraron buenas características físicas. Se notó poco aporte de aroma del chontaduro por la presencia de la PECPC. La mayor debilidad fue un sabor amargo después de ingerirlo, debido probablemente a compuestos como polifenoles, como consecuencia de la falta de un proceso óptimo de desaireación de la pasta. En la Tabla 5 se muestran los resultados de la prueba de concepto realizada a los productos.

Por otro lado, el producto cumple con el tiempo de vida útil estimado para 4 meses en almacenamiento a temperatura de $35\text{oC} \pm 5\text{oC}$ y $80\% \pm 5\%$ de humedad relativa. Se pueden evaluar posibles mejoras en el material de empaque y en las condiciones de almacenamiento, por ejemplo, ubicando el producto lejos de la luz directa del sol para mantener la calidad sensorial del producto en lugares con temperaturas inferiores a los $35\text{oC} \pm 5\text{oC}$ y humedad relativa inferior a $80\% \pm 5\%$. Es recomendable envasar en un empaque hermético y resistente que aisle el producto de las condiciones ambientales externas; esto favorecerá a la PECPC hasta el final de su vida útil.

Tabla 5

Puntuación prueba de concepto en PECPC en diferentes productos finales

Producto	Calificación %	Valor máximo	Valor mínimo
Pasta	86,7	Textura/A. visual	Sabor/Sabor residual
Salsa	81,9	Textura/A. visual	Aroma/Sabor residual
Yogurt	72,9	A. visual	Sabor residual
Bebida	72,4	A. visual	Sabor residual

Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones

De todo lo expuesto anteriormente, se puede concluir que el ingrediente natural PECPC da una calificación entre media y buena para los productos con los que se combinó en la prueba con usuarios. El sabor residual amargo y picante es crítico en la apreciación de los sabores. La textura y la apariencia visual parecen ser los aspectos más destacados. Es necesaria la posterior modificación de las formulaciones para hacer más aceptable el producto por parte de los consumidores.

Sería ideal contar con un proceso en planta a temperaturas ambiente menores a 20°C para mantener la población de mesófilos aerobios en el menor número posible y alargar la vida útil del IN. Es pertinente analizar la dilución que se presenta por ser un proceso expansivo, si es conveniente usar mayor cantidad de cáscara y pulpa de chontaduro o si se incluye la fibra que se retira por filtración, esto último con el objetivo de evitar la pérdida de compuestos nutricionales en el producto final. No sería recomendable almacenar por tiempos prolongados el producto, ya que esto favorece la proliferación de microorganismos del tipo mesófilos.

Finalmente, el producto presentado es una alternativa viable para aprovechamiento de subproductos del chontaduro o biomasa residual resultante del proceso de pelado del chontaduro, aprovechando su composición nutricional, con presencia de ácidos grasos, fibra dietaria y proteína. Es necesario establecer ciclos de prototipación posteriores para ajustar las condiciones de operación y conservar mejor los nutrientes, como carotenoides presentes en la materia prima, los cuales se degradan con mayor facilidad debido a los procesos de calentamiento y pasteurización.

Las cualidades que se le atribuyen a este producto derivado del chontaduro parten de la composición libre de gluten, colesterol, grasas trans y azúcares, apto para personas con enfermedad celíaca. Además de ser buena fuente de fibra para el mejor funcionamiento del sistema digestivo. El uso de dietas bajas en grasa saturada, colesterol y ricas en frutas, verduras, leguminosas y cereales que contienen fibra dietaria, pueden ayudar a reducir el riesgo de enfermedad cardiovascular.

Por último, posee características que le confieren los ácidos grasos omega 3,6 y 9 (Fernández-Piedra et al., 1995). Estas dietas ricas en ácidos grasos insaturados, bajas en grasa saturada y colesterol y ricas en frutas, verduras, leguminosas y cereales que contienen fibra dietaria reduce el riesgo de enfermedad cardiovascular. Es además un alimento de bajo índice glicémico (Jatunov et al., 2010;

Quesada et al., 2011), con carbohidratos complejos de absorción lenta que no favorecen la rápida elevación del azúcar en la sangre.

Reconocimientos

El presente trabajo recoge los resultados sobre la obtención de PECPC que hace parte de la investigación denominada “Fortalecimiento de las capacidades de I+D+i para la producción de ingredientes naturales a partir de biomasa residual, Palmira, Valle del Cauca, Occidente” (Ortiz et al., 2019), a cargo de Corporación Biotec y la Universidad del Valle.

Referencias

- Reyes, R., Peña, E., & Gómez, J. (2002). El cultivo de Chontaduro (*Bactris gasipaes* K.) para palmito. Manual Técnico No. 4. Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA COLCIENCIAS
- Hernández, J., Mora, J., & Rocha, U. (2008). Diversidad genética y relaciones de parentesco de las poblaciones silvestres y cultivadas de pejibaye (*Bactris gasipaes*, Palmae), utilizando marcadores microsatelitales. *Revista de Biología Tropical*, 56(1) 21-45, DOI: 10.15517/rbt.v56i1.5520.
- Giraldo, A., Dufour, D., Rivera, A., Sánchez, T., Scheldeman X., & Gonzáles, A. (1999). Estudio de la diversidad del Chontaduro (*Bactris Bactris gasipaes gasipaes*) consumido en Colombia. CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, CIRAD, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Montpellier, Francia, Bioversity International, Cali, Colombia
- López-Calvo, R., Pérez, A., Ivankovich, C., Villaplana, S., & Castro, M. (2015). Evaluación de la aceptación por consumidores de un bocadillo de pejibaye (*Bactris gasipaes*) y estudio de su potencial como alimento funcional. *Arch. Latinoam. Nutr.*, 65(1), 51–58.
- Martínez, J., & Ordóñez, L. (2016). Determinación de la concentración de pigmentos carotenoides en harina de residuos de chontaduro (*Bactris gasipaes*). *Prod. + Limpia*, 11(1), 85–93. DOI: 10.22507/pml.v11n1a8.
- Martínez-Girón, J., Rodríguez-Rodríguez, X., Pinzón-Zárate, X., & Ordóñez-Santos, L. (2017). Caracterización fisicoquímica de harina de residuos del fruto de chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth, Arecaceae) obtenida por secado convectivo. *Corpoica Cienc. y Tecnol. Agropecu.*, 18(3), 599–613. DOI: 10.21930/rcta.vol18_num3_art:747.
- Ordoñez-Santos, L., Martínez-Girón, J., & Villamizar-Vargas, R. (2018). Encapsulation of β -carotene extracted from peach palm residues: A stability study using two spray-dried processes. *DYNA*, 85(206), 128–134. DOI: 10.15446/dyna.v85n206.68089.
- Girón, J., Ordoñez, L., & Rodríguez-Rodríguez, D. (2019). Extracción de carotenoides totales a partir de epicarpio de chontaduro (*Bactris gasipaes*) mediante aplicación de ultrasonido y aceite vegetal/Extraction of total carotenoids from peach palm fruit (*Bactris gasipaes*) peel by means of ultrasound application. *Dyna; Bogota*, 86 (209), 91–96. <http://search.proquest.com/docview/2244650081/abstract/C78A1126CF5C47FCPQ/1%0Ahttp://files/636/Girón.Extracción.de.carotenoides.totales.a.partir.de.epi.pdf>.
- Sam, G., & Vásquez, O. (2002). HARINA DE LOS SUBPRODUCTOS DE *Bactris gasipaes* HBK Y SU USO EN PANIFICACIÓN. *Rev. Amaz. Investig. Aliment.*, vol. 2, núm. 1, pp. 39–47.
- Restrepo J., & J. Estupiñán, J. (2011). Potencial del Chontaduro como Fuente Alimenticia de Alto Valor Nutricional en Países Tropicales. *Rev. Ciencias*, vol. 11, pp. 1–8. DOI: 10.25100/rc.v11i0.529.

- Rojas-Garbanzo, C., Pérez, A., Bustos-Carmona, J., & Vaillant, F. (2011). Identification and quantification of carotenoids by HPLC-DAD during the process of peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) flour. *Food Res. Int.*, vol. 44, núm. 7, pp. 23–84. DOI: 10.1016/j.foodres.2011.02.045.
- Murillo, M., Kroneberg A., Mata, J., Calzada J., & Castro, V. (2016). Estudio preliminar sobre factores inhibidores de enzimas proteolíticas en la harina de pejibaye (*Bactris gasipaes*). *Rev. Biol. Trop.*, vol. 31, núm. 2, pp. 227–231. DOI: 10.15517/rbt.v31i2.24985.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2010). Resolución 0883 de 2018, pp. 2–13.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015). Resolución 0631 de 2015, pp. 2–22.
- Ministerio De Salud y Protección Social (2013). Resolución 3929 De 2013, Ministerio De Salud y Protección Social, pp. 25–27.
- Ministerio de Salud y Protección Social (2013). Resolución Número 4506 de 2013, pp. 2–10.
- FAO/WHO - Food and Agriculture Organization of the United Nations / World Health Organization (2019). Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos, pp. 75–84.
- World Health Organization (2010). The Who Recommended Classification of Pesticides By Hazard and Guidelines To Classification 2009.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y de la Protección Social (2007). Resolución 2906 de 2007, pp. 2–49.
- Graefe, S., Dufour, D., Van Zonneveld, M., Rodriguez, F., & Gonzalez, A. (2013). Peach palm (*Bactris gasipaes*) in tropical Latin America: Implications for biodiversity conservation, natural resource management and human nutrition. *Biodivers. Conserv.*, vol. 22, núm. 2, pp. 269–300. DOI: 10.1007/s10531-012-0402-3.
- Valencia, R., Montúfar, R., Navarrete, H., & Balslev, H. (2013). Palmas Ecuatorianas: Biología y uso sostenible.
- MADR (2017). Reporte: Área, Producción y Rendimiento Nacional por Cultivo. Agronet.
- Moreno, L. (2005). Manual técnico de frutas y verduras. ABC de las frutas y verduras.
- Friberg, S., & Kayali, I. (1991). Surfactant Association Structures, Microemulsions, and Emulsions in Foods.
- Robins, M., & Wilde, P. (2003). COLLOIDS AND EMULSIONS. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, pp. 1517–1524.
- Fernández-Piedra, M., Blanco-Metzler, A., & Mora-Urpí, J. (1995). Contenido de ácidos grasos en cuatro poblaciones de pejibaye, *Bactris gasipaes* (Palmae). *Rev. Biol. Trop.*, pp. 61–66.
- Jatunov, S., Quesada, S., Díaz, C., & Murillo, E. (2010). Carotenoid composition and antioxidant activity of the raw and boiled fruit mesocarp of six varieties of *Bactris gasipaes*. *Arch. Latinoam. Nutr.*, vol. 60, núm. 1, p. 99.
- Quesada, S., Azofeifa, G., Jatunov, S., Jiménez, G., Navarro, L., & Gómez, G. (2011). Carotenoids composition, antioxidant activity and glycemic index of two varieties of *Bactris gasipaes*.
- Ortiz, A. (2019). Ejercicio de Vigilancia e inteligencia estratégica para el ingrediente natural: polvo de la cáscara y pulpa de chontaduro. Fortalecimiento de las capacidades de I+D+I para la producción de ingredientes naturales a partir de la biomasa residual Palmira Valle del Cauca, Occidente. pp. 6–81, feb. 25. DOI: 10.1088/1751-8113/44/8/085201.



Evaluación Fisicoquímica y Microbiológica de una Conserva de Flor de Cabuya Negra (Agave Americana) con Diferentes Niveles de Ácido Acético en el Líquido de Cobertura

Physical, Chemical, and Microbiological Evaluation of a Preserved Black Cabuya Flower (Agave Americana) with Different Levels of Acetic Acid in the Covering Liquid

Miguel Ángel Enríquez¹

¹ Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador
menriquez@uea.edu.ec

Enviado: 2020/12/20
Aceptado: 2021/01/28
Publicado: 2021/06/30

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo determinar los niveles óptimos de ácido acético en la formulación de un líquido de gobierno para la conservación de la flor de cabuya (*Agave americana*), que es una planta que crece en lugares secos y áridos de la región andina. La concentración del 30 % de ácido acético obtuvo un mejor parámetro de aceptabilidad, tomando en cuenta que, mientras pasa el tiempo de almacenamiento, el pH disminuye y la acidez se incrementa. En conclusión, se determinó que la concentración mencionada es la que mejor puntuación obtuvo por los catadores.

Palabras clave: organoléptico, ácido acético, especies, agave, acidez.

Abstract

This research aims to study different levels of acetic acid in the formulation of a government liquid for the conservation of the Cabuya flower (*Agave americana*), which is a plant that grows in arid places of the Andean region. A concentration of 30% of acetic acid obtained a better parameter of acceptability; considering the passage of shelf life, the pH levels decrease, and the acidity levels increase. In conclusion, the defined concentration obtains the best score by tasters.

Keywords: organoleptic, acetic acid, species, agave, acidity.

Sumario: 1 Introducción, 2 Metodología, 3 Resultados y Discusión, 4 Conclusiones.

Como citar: Enríquez, M. A. (2021). Evaluación Fisicoquímica y Microbiológica de una Conserva de Flor de Cabuya Negra (*Agave Americana*) con Diferentes Niveles de Ácido Acético en el Líquido de Cobertura. *Revista Tecnológica - Espol*, 33(1), 84-91.
<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/779>

1. Introducción

El género *A. americana* pertenece a la familia agavaceae, que incluye numerosas especies originarias de las zonas desérticas de América. La mayor parte de las plantas son monocárpicas; su desarrollo y maduración toman un tiempo estimado de entre 10 a 12 años, lo que permite apreciar que la planta florece una sola vez en su vida y, después de la floración y maduración de los frutos, muere. El agave es una planta originaria de América Central, aclimatada y extendida por todo el litoral mediterráneo; es perenne y presenta un rizoma muy robusto de hojas que llegan a alcanzar metros de longitud y flores amarillo-verdosas. El agave americana fue utilizado desde la época prehispánica para fines alimenticios, como forraje, medicamento y material de construcción. El agave es parte importante del legado histórico y cultural y fuente importante de empleo y generación de recursos económicos de algunas familias campesinas e indígenas (Loachamín, 2015; Meza, 2011).

Los agaves se pueden propagar mediante bulbillos, que son brotes vegetativos que se generan en los pedúnculos florales, en el tallo y entre una hoja y otra (brote axial). Sin embargo, para el agave esta práctica no es usual, ya que no es común hallar dichos brotes vegetativos, o son muy escasos. Principalmente se utilizan los hijuelos que nacen desde los rizomas de la planta madre, para posteriormente ser trasplantados cuando alcanzan una altura hasta de 50 cm (Figuroa y Sosa, 2015).

La palabra “agave” fue usada por Charles Linneo en 1753 para caracterizar a este género por su habilidad de desarrollarse bajo condiciones extremadamente secas, aunque también pueden encontrarse en otros ecosistemas con elevada humedad. En México existen alrededor de 135 especies de agave, lo que corresponde al 75 % de este tipo de vegetación; entre las especies más importantes se pueden mencionar: *A. tequilana*, que sirve para la producción de tequila; *A. Salmiana*; *A. angustifolia*; *A. americana* y algunas otras especies que son cultivadas comercialmente para la producción del mezcal (López y Mancilla, 2007; Ortiz et al., 2009; De León et al., 2006).

El agave americana crece en las regiones áridas y semiáridas de América del sur, América central y algunas partes de Europa. Esta planta se distribuye geográficamente en los países de región Andina como Bolivia, Colombia, Chile, Ecuador, Panamá, Perú y Venezuela; en la Figura 1 se detalla su inflorescencia.

Figura 1

Inflorescencia del agave americano. (Duque Sánchez 2013)



En la alimentación se utilizan las flores tiernas del penco para crear uno de los más deliciosos encurtidos en vinagre. Se las suele llamar comúnmente “alcaparras de penco”, aunque su nombre ancestral es “kirillas”. Según algunos entendidos son superiores en sabor a las verdaderas alcaparras procedentes de Europa. El penco tiene un regalo escondido, el chawarmishky o savia dulce del corazón de la planta. “Chawar” significa penco, pero es también el verbo extraer u ordeñar. “Mishky” significa dulce. En México se le denomina aguamiel o tlachique.

Para poder sacar el chawarmishky, el penco necesita tener entre 12 y 15 años. Se sabe que está listo para poder ser “chawado” cuando sus hojas empiezan a doblarse y está listo para que crezca el

“chawarquero”, o el tallo de sus flores. Según la tradición en una noche oscura sin avisar a nadie el hombre debe acudir al penco y hacer un hueco entre la cuarta y la quinta hoja, raspando, agregando agua, y dejándolo tapado. Después de 8 días, la mujer acude a la planta durante el día, saca y tira el agua acumulada en el hueco, y raspa un poco más del interior. A partir de entonces se acumulará constantemente un agua dulce, semejante a un jugo, que se puede recoger de 2 a 3 veces al día, durante aproximadamente cuarenta días. Durante todo este periodo, el hombre no puede acercarse a la planta. (Duque Sánchez, 2013).

En los alimentos conservados mediante el calor se producen reacciones tanto físicas como químicas que influyen en el valor nutritivo (Rees y Bettison, 1994). La posibilidad de usar métodos de conservación basados en más de un principio reduce la intensidad del tratamiento térmico y mantiene las cualidades organolépticas en el producto final (Carrión, 1995). Los métodos de conservación bien aplicados brindan al consumidor la posibilidad de satisfacer sus necesidades de consumo (Enríquez, 2019).

El encurtido o conserva es un procedimiento antiguo de conservación de alimentos. Civilizaciones antiguas como la egipcia conocían ya la fermentación. Son muchas variedades de frutas y verduras las que pueden encurtirse, no solo con el objetivo de conservar el alimento sino también de mejorar su sabor. Las clases de productos encurtidos son muchas, las más comunes son los encurtidos de pepino y otros vegetales; las frutas encurtidas, en particular peras, naranjas y ciruelas (Hernández et al., 2009). El encurtido es una semiconserva alimenticia de gran importancia debido a su alto consumo por parte de la población durante los últimos años. Los vegetales que se utilizan tradicionalmente para la elaboración de encurtidos son el pimentón, calabacín, vainilla, zanahoria, cebolla, ají, coliflor y pepino, entre otros. El encurtido en su definición más amplia es el uso de sal, vinagre o una solución de especias para preservar y dar sabor único a un alimento que se adapte al proceso. La vida de anaquel de los encurtidos depende de los agentes preservadores y de la pasteurización cuando esta se emplea (Duran Ramírez, 2010).

La materia prima puede someterse a fermentación ácido láctico o bien no fermentarse. Ello puede lograrse mediante la adición de sal común, que origina una fermentación láctica espontánea del azúcar del vegetal (encurtidos fermentados), o añadiendo directamente ácido acético o vinagre al vegetal (encurtidos no fermentados); de igual forma pueden elaborarse numerosos tipos de encurtidos mediante adiciones de azúcares, especias, esencias y aromas, pero siempre con presencia de vinagre, lo que constituye la característica más importante del encurtido. Los encurtidos, independientemente de que se fermenten o no, pueden pasteurizarse para mejorar su conservación (Hernández, 2003).

El propósito de la investigación consistió en buscar alternativas comestibles para la flor de cabuya, mediante un método de conservación por regulación de acidez, para posteriormente someterla a los análisis físico- químicos y organolépticos.

2. Metodología

2.1 Localización

La investigación se llevó a cabo en la Universidad Estatal Amazónica, ubicada en el Km 2 ½ de la vía Puyo a Tena, paso lateral.

2.2 Preparación de la materia prima

Flor de Cabuya. – una vez seleccionada la materia prima, se ablanda con un proceso térmico a 82°C durante 2 minutos, seguido de un proceso de choque térmico con agua fría (3-5°C); aquí inicia el proceso de desamargado.

2.3 Formulación del líquido de gobierno

Se utilizaron 3 niveles de ácido acético 10, 20 y 30 %. Este proceso se generó en 3 fases: acondicionamiento de materias primas, análisis y los ensayos.

Los Tratamientos del proceso están determinados en la Tabla 1.

Tabla 1
Tratamientos

Producto	Unidad	T1	T2	T3
Flor de cabuya	g	0.250	0.250	0.250
Agua	cc	0.121	0.108	0.094
Ácido acético	cc	0.013	0.027	0.040
Sal	g	0.034	0.034	0.034
Pimienta negra	g	0.011	0.011	0.011
Azúcar	g	0.054	0.054	0.054
Ajo en polvo	g	0.013	0.013	0.013
Glutamato mono sódico	g	0.004	0.004	0.004
Total		0.500	0.500	0.500

Fuente: Elaboración propia

2.4 Análisis

En la Tabla 3 se definen análisis físicoquímicos (pH y acidez), microbiológicos (coliformes totales) y organolépticas (color, apariencia, olor y textura). El análisis se realizó a personas entrenadas previamente (estudiantes de la escuela de Ingeniería Agroindustrial del noveno semestre), a los jueces, se le asignó a cada uno las muestras (10g) previamente codificadas, acompañados de un vaso con agua para que beban entre cada muestra, más un pedazo de manzana para que limpie las papilas gustativas y la hoja de evaluación mediante una escala hedónica definida del 1 al 5 (1=pésimo, 2=malo, 3=regular, 4=bueno, 5=excelente), el método utilizado es el test triangular que permite a los jueces medir las propiedades sensoriales de los alimentos, diferencias de materias primas, y en general, muy útil para determinar pequeñas diferencias.

3. Resultados y Discusión

3.1 Valoración Organoléptica

En la Tabla 2 se observa los siguientes parámetros: color. - mientras más ácido acético se añade al líquido de gobierno existe una decoloración del producto, por lo que en los 3 niveles se observa una puntuación de 2,32 al 2,45 y no es significativo, el olor en este parámetro se vio afectado estadísticamente por efecto de los niveles de ácido acético se determinó una variación de valores entre 2.28 del tratamiento 1 al 2.79 del tratamiento 3, el olor es agradable según se incrementa la concentración, apariencia, la textura y el sabor no presentan diferencia significativa, según se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2
Valoración organoléptica

Parámetros	10,0%		20,0%		30,0%		p	sig			
	X	D.E	X	D.E	X	D.E					
Color	2,32	0,69	a	2,49	0,72	a	2,45	0,72	a	0,3537	Ns
Apariencia	2,40	0,68	a	2,53	0,72	a	2,60	0,77	a	0,1641	Ns
Olor	2,28	0,83	a	2,53	0,69	ab	2,79	0,78	b	0,0072	**
Textura	2,62	0,74	a	2,79	0,75	a	2,81	0,65	a	0,3065	Ns
Sabor	2,45	0,80	a	2,81	0,74	a	2,79	0,88	a	0,0530	Ns
Total	12,06	2,44	a	13,15	2,72	ab	13,43	2,58	b	0,0214	*

E. Estand.: Error estándar, ns: no hay diferencia estadística, *: diferencia estadística significativa, **: diferencia estadística altamente significativa

P>0.05, No existen diferencias estadísticas de acuerdo al ADEVA

Prueba de Kruskal Wallis

Fuente: Elaboración propia

3.2 Valoración de acidez y pH

En la Tabla 3 se presentan los resultados de los parámetros físicoquímicos medidos en relación con la concentración del líquido de gobierno.

Tabla 3

Valoración de acidez y pH por el contenido de ácido acético

Parámetros	10,0%	20,0%	30,0%	C.V	E. Estand.	Prob.	sig
Acidez	7,48 a	7,49 a	7,53 a	0,51	0,002	0,2796	ns
pH	4,13 a	4,12 a	4,1 a	0,57	0,001	0,324	ns

E. Estand.: Error estándar

P>0.05, No existen diferencias estadísticas de acuerdo al ADEVA

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4 se presenta un ADEVA de los parámetros en relación al tiempo de conservación.

Tabla 4

Valoración de acidez y pH por el tiempo de conservación

Parámetros	15 días	30 días	45 días	C.V	E. Estand.	Prob.	Sig
Acidez	7,47 a	7,5 a	7,54 a	0,42	0,001	0,0907	ns
pH	4,14 a	4,12 a	4,10 a	0,44	0,000	0,0672	ns

E. Estand.: Error estándar

P>0.05, No existen diferencias estadísticas de acuerdo al ADEVA

Fuente: Elaboración propia

En la medición de pH se observa que a medida que transcurre el tiempo de conservación el pH disminuye y la acidez se incrementa, así se evidencia que en los tratamientos que a los 15 días tuvo un pH de 4.14 y una acidez de 7.47, a los 30 días pH 4.12, acidez 7.5 y a los 45 días 4.10 pH y 7.54 de acidez. Según González et al. (1980) el producto final envasado que, frecuentemente, se distribuye en los mercados europeos presenta valores de pH que oscilan entre 3,1 y 3,95 unidades; una acidez libre, principalmente acética, del 0,87 al 3,87%; un contenido en cloruro sódico del 1,2 al 5% y, en el caso de los agridulces, alrededor del 8-10% de azúcares solubles. Aligizaki realiza en Grecia un estudio práctico que consiste en fermentar los pimientos, pelados con hidróxido sódico y lavados posteriormente con agua o salmuera acidulada, en una salmuera de más baja graduación, alrededor del 10% de NaCl, con control de pH, alrededor de 3 a 3,4 unidades, mediante adición de ácido láctico, en condiciones de anaerobiosis, para evitar el desarrollo de mohos y levaduras superficiales, y atribuye a ciertas levaduras fermentativas, del género *Saccharomyces*, las excelentes características organolépticas del producto obtenido (Fernández, 1969). Investigaciones posteriores de Minguez et al. (1970) confirman que este procedimiento, utilizando, concentraciones de sal entre 10 y 13% de NaCl, y valores controlados de pH entre 3 y 4 unidades, da lugar a un producto final de buena textura, que evita la presencia de materia fermentable en la aceituna rellena, y se demuestra que las levaduras son los microorganismos responsables de la fermentación. La presencia de bacterias lácticas se considera, en este caso, accidental (González et al., 1972) identifican en el proceso de fermentación espontánea, como especies más representativas, las siguientes: *Hansenula subpelliculosa*, *Saccharomyces lactis*, *H. anómala*, *S. roxii*, *Hanseniaspora valbyensis*, y *S. cerevisiae*, entre las esporígenas, y *Candida Krusei*, *Kloeckera apiculata* y *Torulopsis famata*, entre las no esporígenas.

3.2 Valoración microbiológica

Al realizar el proceso de elaboración del producto se tomó mucho en cuenta la inocuidad generando como resultado la no presencia de microorganismos en el producto final, según se presenta los resultados en la Tabla 5. Según Etchells et al. (1975) describen tres grupos de microorganismos presentes: bacterias coliformes, bacterias lácticas y levaduras. Algunas de las coliformes pueden producir abundantes gases (H^2 y CO_2) y ser responsables de alteraciones importantes en la estructura de los frutos, similares a las encontradas en las aceitunas verdes de mesa, y conocidas como ampollado,

vejigas, anillado y alambrado. Un control del valor de pH, mediante la correspondiente acidificación inicial de la salmuera, da buenos resultados para la rápida eliminación de estos gérmenes. La importancia de este sistema de preparación y conservación de alimentos radica en varios hechos fundamentales: a) permite la elaboración de productos con características sensoriales muy especiales y definidas, mayoritariamente aceptadas por un mercado consumidor amplio, no sólo como alimento en sí, sino como aperitivo selecto, complemento de delicados menús y bebidas alcohólicas típicas; b) permite, igualmente, la conservación durante largo tiempo de materias primas, para ser preparadas finalmente cuando el mercado lo demande, y evitando así las dificultades, a veces insalvables, de elaborar grandes cosechas, dentro del reducido intervalo de tiempo que marca el periodo de recolección; c) constituye un medio de elaboración de bajo consumo de energía, puesto que, por las características finales del producto, bajo valor de pH y acidez relativamente alta no requiere, en una gran parte de los casos, proceso térmico alguno, y todo lo más, una simple pasterización es suficiente, en lugar de una esterilización; y d) como consecuencia del hecho anterior, se retienen más fácilmente en el producto los nutrientes, algunos de ellos lábiles al calor, y se mantienen mejor determinadas propiedades físicas, tan importantes como el color y la textura (Fleming, 1982). En el orden secuencial, dictado por la Naturaleza, preceden, generalmente, a las bacterias lácticas, las aerobias Gram negativas, frecuentemente presentes en los propios vegetales, en el agua, etc., productoras en muchos casos de alteraciones gaseosas, pero que, en ciertos aspectos, preparan naturalmente, con un moderado descenso inicial del valor de pH del medio, el camino a sus sucesoras (Rodrigo et al., 1984). Durante la fermentación, el desarrollo de los microorganismos se lleva a cabo mediante una compleja interacción de diversos factores: pH, sal, ácidos orgánicos, actividad del agua, temperatura, potencial rédox, oxígeno y dióxido de carbono. Con algunas variaciones, la fermentación de todos los alimentos vegetales sigue un patrón parecido, que consta de un crecimiento secuencial de bacterias ácido-lácticas que incluyen *Leuconostoc-mesenteroides*, *Lactobacillus brevis*, *Pediococcus acidilactici*, *Pediococcus pentosaceus* y *Lactobacillus plantarum*. Se han observado otras lácticas, como *Enterococcus faecalis*, pero no son importantes en la fermentación (Santolaya, 2016).

Tabla 5

Resultados microbiológicos

CONTROL	UFC/g 10 ¹					
	Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3	
	a	b	a	b	a	b
tiempo (Días)						
15	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0
45	210	150	80	60	50	70

Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones

Con los datos obtenidos en la investigación determinamos que la utilización de ácido acético en la conservación de vegetales es de vital importancia debido a que la carga microbiana es baja en los tiempos analizados esto se debe a su poder antimicrobiano y regulador de pH, en cuanto a la valoración organoléptica la mayor puntuación obtuvo el tratamiento con 30 % de ácido acético.

La utilización de ácido acético en la formulación del líquido de gobierno influyó en la conservación de la flor de cabuya negra positivamente, tomando en cuenta que en un medio acuoso ácido se eliminan los microorganismos, este se debe al crecimiento secuencial de bacterias ácido lácticas.

El agave en el Ecuador es utilizado para extraer el chawarmishki de forma general, la conservación por regulación de acidez permite el aprovechamiento de subproductos de la planta como son las flores y brindar una oportunidad comestible a la comunidad. Según Enríquez (2018), el principal

objetivo de la conservación de los alimentos es mantenerlos en perfectas condiciones higiénicas y proteger sus cualidades reológicas y organolépticas.

Referencias

- Loachamín, C. (2015). Elaboración De Biocombustibles A Partir De Dos Variedades De Agave; Agave Negro Y Agave Blanco Con Dos Tipos De Fermento En Los Zumos, A Dos Tiempos Diferentes. Latacunga: Universidad Técnica De Cotopaxi.
- Meza, V. (2011). Obtención De Una Bebida Isotónica Nutritiva Carbonatada A Partir Del Extracto Del Penco De Cabuya Negra. Ambato: Universidad Técnica De Ambato.
- Figuroa, M., & Sosa, E. (2015). Caracterización Microbiológica Y Química De La Savia De Agave Americana L. (Cabuya Negra) De Eco tipos De Las Provincias De Pichincha Y Cotopaxi. (Tesis De Grado). Universidad San Francisco De Quito. Quito. Ecuador.
- López, M., & Mancilla, N. (2007). The nature of fructooligosaccharides in Agave plants. Recent Advances in Fructooligosaccharides Research. 2: 47-67.
- Ortiz, R., Williams, P., Belleville, M., & Doco, T. (2009). Presence of rhamnogalacturonan II in the juices produced by enzymatic liquefaction of Agave pulquero stem (*Agave mapisaga*). Carbohydr. Polym. 77: 870-875.
- De León, A., González, L., Barba, A., Escalante, P., & López, M. (2006). Characterization of volatile compounds of mezcal, an ethnic alcoholic beverage obtains from *Agave salmiana*. J. Agr. Food Chem. 54: 1337-1341
- Duque Sánchez, J. C. (2013). Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (agave americana), en la parroquia Tocachi cantón Pedro Moncayo provincia Pichincha. Quito.
- Rees, J., & Bettison, J. (1994). Procesado térmico y envasado de los alimentos. Zaragoza. Acribia. 288 p
- Carrión, M. (1995). Manual de Practica en tecnología de conservas vegetales. Cuenca: I.I.C.T. de la Universidad de Cuenca.
- Enríquez, M. (2019). Obtención de productos frutícolas deshidratados; tomate de árbol (*Cypomandra betacea* L) y guayaba (*Psidium guajaba* L), mediante el empleo de un secador solar con colector plano. Revista Perfiles, v. 22 pp. 12-19.
- Hernández, M., Barrera, J., Martínez, O., Fernández Trujillo, J. (2009). Postharvest quality of arazá fruit during low temperature storage. Food Science and Technology, v.42, pt. 879-884.
- Duran Ramírez, F. (2010). La Biblia de las Recetas Industriales. Formulas y Procedimientos al Alcance de Todos. Editorial: Grupo Latino Editores.
- Hernández, A. (2003). Microbiología industrial. San José, Costa Rica: EUNED.
- Anzaldúa, A. (1994). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la practica Ciencia y tecnología de los alimentos (primera edision ed.). Zaragoza -España: Acribia.
- Etchells, J. L., Fleming. H. P., & Bell. T.A. (1975). Factors influencing the growth of lactic acid bacteria during brine fermentation of cucumbers. Lactic acid bacteria in beverages and food, pp 281-305.- Carr. J. G.. Cutting C. V. and Whiting. G. 0. (Eds.). Academic Press. New York.
- González, F., Rejano, L., Duran, M. C., & Fernández, M. J. (1980). El empleo del ácido láctico en la elaboración de pepinillos. Grasas y Aceites 31, pp. 13-21.
- Fernández, M. (1969). Elaboración de aceitunas de mesa en Grecia". - Grasas y Aceites 20, pp. 12-24.

- Minguez, M., González, F., Pérez, C., Márquez, J., & Fernández, M. (1970). Elaboración del pimiento para el relleno de aceitunas. Pelado químico y conservación en salmuera de baja graduación. II. Resultados de la campaña 1969-70. *Grasas y Aceites* 21, pp. 342-348.
- González, F., Minguez, M., & Fernández, M. (1972). La fermentación del pimiento empleado en el relleno de aceitunas verdes. *Microbiol. Españ.* 25, pp. 81-90.
- Fleming, H. (1982). Fermented vegetables. *Economic Microbiology. Fermented Foods*, Vol. 7. pp 227-258. A.H. Rose (Ed), Academic Press, Inc. New York.
- Rodrigo, M., Martínez, A., Alvarruiz, M. Lázaro, J., Fernández, M. y Navarro, A. (1984). Estado actual y avances en la conservación de pepinillos por fermentación"- *Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment.* 24, pp. 453-466.
- Santolaya, M. (2016). Análisis microbiológico de diferentes encurtidos. Universidad de Jaén-España.
- Enríquez, M. A. (2018). Atmósfera modificada en la conservación de carne de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). *NOVASINERGIA*, ISSN 2631-2654, 1(1), 67-71. <https://doi.org/10.37135/unach.ns.001.01.08>.

Análisis Sensorial como una Herramienta Clave para Innovar en la Industria Vinícola

Sensory Analysis as a Key Tool to Innovate in Wine Industry

María Alicia Peña González¹ <https://orcid.org/0000-0002-7734-3816>

Silvia Peña González² <https://orcid.org/0000-0002-9830-4496>

Jorge García Zumalacarregui² <https://orcid.org/0000-0002-0130-1230>

¹ *Universidad del Azuay*, Cuenca, Ecuador
mpenag@uazuay.edu.ec

² *Universidad de Cuenca*, Cuenca, Ecuador
Silvia.penag@ucuenca.edu.ec
jorge.garciaz@ucuenca.edu.ec

Enviado: 2021/01/14
Aceptado: 2021/02/12
Publicado: 2021/06/30

Resumen

La innovación y el desarrollo de productos dentro de la industria alimentaria resultan clave para lograr la supervivencia de las empresas, no obstante, estos procesos requieren ser sometidos a actividades de validación que permitan disminuir el riesgo de fracaso de nuevos alimentos en el mercado. En este contexto, el análisis sensorial resulta una herramienta importante para medir el grado de aceptabilidad en los consumidores de un producto alimenticio. La presente investigación evalúa las características sensoriales de tres tipos de productos vinícolas, sometidos a un proceso de microfiltración frente a sus similares pasteurizados, con el objetivo de establecer criterios de control de calidad y grado de aceptación del mercado. Para este desarrollo, se validaron los jueces sensoriales de la empresa vinícola y, posteriormente, se aplicaron pruebas discriminativas y descriptivas sensoriales a las muestras en estudio. Adicionalmente, se realizaron controles microbiológicos y de turbidez. A partir de los resultados obtenidos, se puede observar que hubo diferencias para los atributos: intensidad olfativa e intensidad gustativa en el vino tinto; no obstante, en los demás parámetros sensoriales analizados, no se evidenciaron diferencias significativas entre las muestras analizadas. Para el caso de las bebidas elaboradas a base de vino tinto y vino blanco, no se reportaron diferencias en ninguno de los atributos sensoriales. Los resultados microbiológicos y turbidez se mantuvieron dentro de los rangos establecidos en todas las muestras. Por lo antes expuesto, se puede concluir que, al mantener las características organolépticas en el producto, la innovación realizada resulta satisfactoria al mejorar su eficiencia y mantener el grado de aceptabilidad de sus potenciales consumidores.

Palabras clave: productos vinícolas, evaluación sensorial, innovación, características organolépticas, estabilización microbiológica.

Sumario: 1 Introducción, 2 Materiales y Métodos, 3 Resultados y Discusión, 4 Conclusiones.

Como citar: Peña, M., Peña, S., & García, J. (2021). Análisis Sensorial como una Herramienta Clave para Innovar en la Industria Vinícola. *Revista Tecnológica - Espol*, 33(1), 92-103.
<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/800>

Abstract

Innovation within the food industry is key to achieving the survival of companies, however, new products strictly need some validation processes which aim to reduce the risk of failure when they are launched on the market. Therefore, sensory analysis is an important tool, making possible the measurement of the degree of acceptability in consumers. The main objective of this research was to evaluate the sensory characteristics of three types of wine products through the microfiltration process compared to their pasteurized counterparts. For this development, the sensory judges of the wine company were validated, and subsequently discriminative and descriptive sensory tests were applied to the study samples. In addition, microbiological and turbidity controls were carried out. From the results it can be observed that there were differences in the attributes: olfactory intensity and gustatory intensity in red wine; however, in the analysis of the other sensory parameters, there were no significant differences among the samples. In the case of drinks based on red wine and drinks based on white wine, no differences were reported in any of the sensory attributes. The microbiological results and turbidity of all the samples were kept within the established ranges. Therefore, it can be concluded that, by maintaining the organoleptic characteristics in the product, the innovation carried out within the production process resulted satisfactory by improving its efficiency and maintaining the degree of acceptability of its potential consumers.

Keywords: wine products, sensory evaluation, innovation, organoleptic characteristics, microbiological stabilization.

1. Introducción

En un contexto en el cual la salud y la alimentación son una de las principales preocupaciones del ser humano (Alvarez & Alvarez de Luis, 2009), la innovación alimentaria toma un especial interés entre la población, y, por tanto, el lanzamiento de nuevos productos innovadores es determinante para el crecimiento y la supervivencia de las organizaciones. Sin embargo, su tasa de fracaso es muy alta, parece ser que existen dentro de las empresas dificultades asociadas a un análisis inadecuado del mercado y la incapacidad de comprender las verdaderas necesidades y gustos del consumidor. El fracaso puede ser parte del aprendizaje necesario en el desarrollo de nuevos productos (Cruz & Puente Castro, 2012), sin embargo, surgen interrogantes con relación a cómo podrían ser reducidas estas tasas de fracaso. En este sentido, la literatura apunta a que, si los investigadores encargados de los procesos de innovación y desarrollo de nuevos productos siguieran una metodología sistemática y lógica que permita revisar, analizar y evaluar cada una de los factores y variables en el ámbito comercial, técnico y financiero, esta tasa de fracaso podría ser reducida de alguna manera (Schnarch, 2009; Cooper et al., 2009; Edgett, 2007).

Específicamente, en la industria de alimentos, cada vez es más grande la necesidad de desarrollar nuevos productos que garanticen la seguridad alimentaria y las exigencias del consumidor en relación con tres aspectos importantes: microbiológicos, físicoquímicos y sensoriales.

Con el objetivo de contribuir con información relevante y evidencia empírica para el diseño de nuevos alimentos que cumplan con las exigencias del mercado, el presente trabajo de investigación se enfocará en el análisis de las características sensoriales de dos productos de la industria enológica: un vino tinto y un vino blanco, en el cual se implementó una innovación dentro de su proceso productivo, reemplazando el proceso de pasteurización para estabilización microbiológica por un proceso de microfiltración. El reemplazo del proceso de pasteurización busca eliminar un cuello de botella en la línea de producción y un alto porcentaje de desperdicios, pues el aumento de la temperatura del líquido en la botella incide en un incremento de la presión interior, lo que ocasiona ruptura de botellas y expulsión de corchos.

En este contexto, para garantizar que este cambio en el proceso productivo no incida en diferencias perceptibles para el consumidor, se buscó aplicar herramientas que permitan validar la conservación de las características sensoriales en los productos vinícolas. Por lo tanto, se planteó, a partir del uso de pruebas sensoriales discriminativas y descriptivas, identificar la variabilidad en las características organolépticas de las muestras en estudio y anticipar la percepción que el consumidor final podría tener frente a las transformaciones desarrolladas.

El objetivo de este trabajo fue identificar las cualidades y los defectos que podría presentar el vino, utilizando como instrumento de medición los sentidos (Lawless & Heymann, 2010). Esto como una estrategia importante para reducir el riesgo en el momento de innovar dentro de esta industria, al establecer criterios de control de calidad y grado de aceptación del mercado (Espinosa, 2007).

2. Materiales y Métodos

Validación de los panelistas sensoriales

El estudio sensorial se llevó a cabo con diez jueces entrenados de la empresa vinícola, a quienes se realizó una validación con el objetivo de garantizar que sus juicios sean homogéneos y reproducibles en tiempo y espacio (NTE-ISO, 2014). Estas pruebas se realizaron en cinco sesiones semanales de aproximadamente 20 minutos cada una; todas estas evaluaciones se desarrollaron a la misma hora (11:00 am), según lo recomendado por la NTE INEN-ISO 6658:2005 (INEN, 2005).

En cada sesión se presentaron dos muestras de un mismo producto (vino tinto propio de la empresa), provenientes de un mismo lote. Al evaluador se le presentó una muestra sin modificaciones y otra modificada (con adición de ácido tartárico) con el objetivo de que los jueces no intuyan las respuestas. Esta fase fue realizada a ciegas para que el catador no se vea influenciado por la procedencia o marca del producto. Los resultados se procesaron con la prueba de correlación Tau de Kendall, con un nivel de significancia del 95 % en el *software* RStudio.

Plan de muestreo

La selección de las muestras de vino y bebidas a base de vino para análisis microbiológico y medición del parámetro turbidez se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia NTE INEN 339: 1994 (INEN, 1994). En cuanto a las pruebas sensoriales, se utilizó un muestreo crítico.

Se tomaron muestras después de cada etapa de filtración del vino: centrifugación, filtración por tierras, filtración por placas; finalmente, se compararon estas entre los procesos de microfiltración y pasteurización. En todas estas etapas se caracterizaron las muestras desde el punto de vista microbiológico y turbidez con el fin de garantizar que el producto cumpla con los requisitos estipulados por la NTE INEN 372: 2016 (INEN, 2016). Sensorialmente se analizaron las muestras después de la microfiltración y la pasteurización. Todos los análisis se realizaron por triplicado.

Análisis microbiológicos y turbidez

Se analizaron mohos y levaduras viables por siembra en profundidad, según NTE INEN 1529-10: 2013 (INEN, 2013); parámetro turbidez, en un turbidímetro Hach 2100P (0 - 1000 NTU), con base en la normativa OIV (2009).

Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó con base en pruebas discriminativas (pruebas triangulares) y pruebas descriptivas.

1) *Pruebas discriminativas*: se realizó a través de pruebas triangulares, para lo cual se presentaron a los panelistas tres muestras simultáneamente; dos muestras sometidas al proceso de pasteurización y una muestra por microfiltración. Las muestras fueron codificadas con tres cifras aleatorias. Antes de iniciar la cata, se les solicitó analizar e identificar las muestras que presentan diferencias, detallando el parámetro que permitió establecer la disimilitud. Se proporcionó agua y galletas neutras para limpiar el paladar de los catadores. Los datos obtenidos se compararon con las tablas de interpretación estadística con un nivel de confianza del 95 % (NTE-ISO, 2014).

2) *Pruebas descriptivas*: para este análisis se presentaron dos muestras a cada catador: A: después del proceso de microfiltración y B: posterior al proceso de pasteurización. A cada evaluador se le solicitó catar en el siguiente orden: 1) Fase visual; 2) Fase olfativa y 3) Fase gustativa. Se utilizó una escala estructurada de 5 puntos. A los datos obtenidos se aplicó un análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas en algún parámetro entre las muestras analizadas.

3. Resultados y Discusión

Validación del Panel de Jueces

Para garantizar la confiabilidad en los resultados y evitar posibles errores en el proceso de validación del panel de jueces, en relación con las pruebas desarrolladas en la fase visual, fase olfativa y fase gustativa, se eliminaron dos de los diez (10) catadores por no alcanzar el rendimiento requerido. Los ocho (8) restantes emitieron respuestas totalmente homogéneas.

Específicamente en la fase visual se evaluaron los atributos: color, intensidad y limpidez (Tabla 1). En todos los parámetros evaluados, las respuestas que se obtuvieron fueron muy homogéneas, teniendo un valor p de 1 en casi el 80 % de estas; sin embargo, en todos los casos se aceptó la hipótesis. Aspecto de importancia, pues demuestra que la totalidad de los jueces concuerdan en todos los parámetros evaluados en la fase visual con un nivel de confianza del 95 %. Resultado que avala la preparación y el entrenamiento de los jueces para el proceso de análisis sensorial -visual de los vinos.

En la fase olfativa los atributos evaluados fueron intensidad, calidad y aroma, respectivamente (Tabla 2). En los dos primeros parámetros se aprecia homogeneidad en las respuestas, no obstante, en el tercer parámetro (aroma), se obtuvieron dos valores inferiores al p-crítico (0,05), lo que significó rechazar la hipótesis. Estos valores demuestran que dos (2) de los jueces no están lo suficientemente entrenados con respecto a la distinción de aromas.

Tabla 1

Resultados prueba "Tau de Kendall". Fase Visual

Jueces	Color			Intensidad Visual			Limpidez		
	p-value	p-crítico	Conclusión	p-value	p-crítico	Conclusión	p-value	p-crítico	Conclusión
AB	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA
AC	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA
AD	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA
AE	0.07	0.05	SE ACEPTA	0.13	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA
AF	1	0.05	SE ACEPTA	0.13	0.05	SE ACEPTA	0.68	0.05	SE ACEPTA
AG	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA	0.41	0.05	SE ACEPTA
AH	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA
AI	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA
AJ	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA

Nivel de significancia del 95 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2

Resultados prueba "Tau de Kendall". Fase Olfativa

Jueces	Intensidad Olfativa			Calidad			Aroma		
	p-value	p-crítico	Conclusión	p-value	p-crítico	Conclusión	p-value	p-crítico	Conclusión
AB	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA
AC	0.68	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA	0.41	0.05	SE ACEPTA
AD	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA	0.13	0.05	SE ACEPTA
AE	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA	0.03	0.05	SE RECHAZA
AF	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA	0.02	0.05	SE RECHAZA
AG	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA	0.23	0.05	SE ACEPTA
AH	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA
AI	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA
AJ	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA

Nivel de significancia del 95 %

Fuente: Elaboración propia

En la fase gustativa, a partir de los resultados alcanzados en la evaluación de los parámetros acidez, intensidad y naturaleza (Tabla 3) se evidenció la homogeneidad en todas las respuestas emitidas por los jueces.

Tabla 3

Resultados prueba "Tau de Kendall". Fase Gustativa

Jueces	Intensidad Gustativa			Acidez			Naturaleza		
	<i>p-value</i>	<i>p-crítico</i>	Conclusión	<i>p-value</i>	<i>p-crítico</i>	Conclusión	<i>p-value</i>	<i>p-crítico</i>	Conclusión
AB	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA
AC	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA
AD	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA
AE	1	0.05	SE ACEPTA	0.13	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE RECHAZA
AF	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE RECHAZA
AG	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA
AH	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA
AI	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA
AJ	1	0.05	SE ACEPTA	0.13	0.05	SE ACEPTA	1	0.05	SE ACEPTA

Nivel de significancia del 95 %

Fuente: Elaboración propia

Análisis microbiológicos

Para el caso de mohos y levaduras, se ejecutaron en cinco *batch* durante cada una de las etapas del proceso de filtración. Estas se realizaron en cada uno de los productos en estudio.

Se evidenció una reducción de la carga microbiana de mohos y levaduras en los productos estudiados; los resultados se muestran en la Tabla 4. En la misma se exponen las diferentes concentraciones de microorganismos a medida que al producto en cuestión se le somete a varias etapas de filtración, hasta llegar, inclusive, a la pasteurización.

Tabla 4

Recuento microbiológico de mohos y levaduras durante todas las etapas de filtración del vino (valores promedios)

Etapas	Unid.	Producto		
		V1	V2	V3
Después Centrifugación		380 (47)	670 (70)	690 (46)
Filtración tierras	UFC. 250 ml ⁻¹	168.6 (40)	368.24 (60)	420.4 (41)
Filtración placas		60.8 (12)	164.7 (32)	268.7 (27)
Microfiltración		3 (1)	31.7 (14)	93.9 (31)
Después pasteurización		0 (0)	0 (0)	0 (0)

Nota. V1: Vino tinto seco, V2: Bebida a base de vino blanco, V3: Bebida a base de vino tinto, (): Desviación estándar

Fuente: Elaboración propia

Las etapas que tienen la finalidad de eliminar partículas gruesas y no la reducción total de la carga microbiana evidencian una elevada carga microbiológica en el producto en cuestión. Suarez & Baldomero (2004) afirman en su investigación que "la centrifugación aplicada como procedimiento único no separa totalmente toda la carga microbiana existente en el vino, por tanto, sirve solamente para disminuir el número de microorganismos y retardar unos días el inicio de la fermentación". Valores promedios de 380 UFC. 250 ml⁻¹(1.52 UFC. ml⁻¹) de vino tinto seco (V1), 670 UFC. 250 ml⁻¹ (2.68 UFC. ml⁻¹) de bebida a base de vino blanco (V2) y 690 UFC. 250 ml⁻¹(2.76 UFC. ml⁻¹) de bebida a base de vino tinto (V3) fueron determinados después de la centrifugación. Puede apreciarse que mayores concentraciones se obtienen en V2 y V3, por tratarse de bebidas con un alto contenido de azúcar y bajo grado alcohólico.

Las concentraciones promedio de 168.6 UFC. 250 ml-1 (0.674 UFC. ml-1) de V1 fueron determinadas después de la etapa de filtración a través de tierras diatomeas (Tabla 4). Estos valores, que discrepan de lo expuesto por Suárez & Baldomero (2004), afirman que la carga microbiana después de la filtración a través de tierras diatomeas en los vinos tintos, generalmente tiene poblaciones viables de aproximadamente 100 UFC. ml-1. Los valores de cargas microbianas bajas, a comparación con otros autores, fueron posibles obtener debido a la adición como conservante del metabisulfito de sodio (Na₂S₂O₅) en concentración de SO₂ libre (30 – 40 ppm); no obstante, el vino aún no logra tener una estabilización microbiológica completa.

Las cargas microbiológicas obtenidas para los productos V2 (368.24 UFC. 250 ml-1 (1.47 UFC. ml-1)) y V3 (420.4 UFC. 250 ml-1 ((1.68 UFC. ml-1))), luego de la etapa de filtración a través de tierras diatomeas, se encuentran por encima de los niveles de V1, si comparamos los resultados de los tres productos estudiados. Sin embargo, y aunque no se logró una estabilización microbiológica, las concentraciones alcanzadas para V2 y V3 son sumamente bajas al compararlas con el resultado de otros autores. Esto se evidencia en la investigación reportada por Ribéreau-Gayon et al. (2006), en la que se señala que, al filtrar este tipo de bebidas por tierras diatomeas, se obtiene cargas promedio de 1250 UFC. 250 ml-1 (5.0 UFC. ml-1); niveles que se encuentran estrechamente vinculados a la permeabilidad de las tierras utilizadas en el proceso, puesto que, mientras menor sea la permeabilidad de estas, se podrá alcanzar cargas microbianas más bajas.

Posteriormente a la etapa de filtración por placa se determinaron cargas microbiológicas promedio de 60.8 UFC. 250 ml-1 (0.24 UFC. ml-1), 164.7 UFC. 250 ml-1 (0.66 UFC. ml-1) y 268.7 UFC. 250 ml-1 (1.07 UFC. ml-1) en V1, V2 y V3, respectivamente. Valores notablemente pequeños se obtienen dado que esta etapa se integra al final del tratamiento global de estabilización antes del embotellado, con el fin de acondicionar el vino para la microfiltración (Tabla 4).

Valores de carga microbiana promedio de 3 UFC. 250 ml-1 (0.01 UFC. ml-1) para V1, 31.7 UFC. 250 ml-1 (0.012 UFC. ml-1) para V2 y de aproximadamente 94 UFC. 250 ml-1 (0.38 UFC. ml-1) para V3 fueron obtenidos luego del proceso de microfiltración (Tabla 4). Estos niveles de concentraciones (V1, V2 y V3) justifican la estabilización microbiológica alcanzada, concordando con lo planteado por Ribéreau-Gayon et al. (2006), que mencionan que “la microfiltración por membrana justo antes del embotellado se describe convencionalmente como baja en nivel de microorganismo”: NTE INEN 2802:2015 (INEN, 2015), la cual establece un máximo de 10 UFC. ml-1.

En la etapa de pasteurización, los tres productos en estudio (V1, V2 y V3) reportaron ausencia total de carga microbiana para todas las muestras, debido a la relación temperatura-tiempo aplicada que oscila entre 55 y 60 °C durante 25 minutos, aproximadamente, que es la óptima para la destrucción total de mohos y levaduras.

Turbidez

Determinaciones del parámetro Turbidez en los tres productos estudiados evidencian que luego del proceso de centrifugación los valores alcanzados fueron 11.32, 4.08 y 4.07 NTU para V1, V2 y V3, respectivamente. Estos valores continúan descendiendo hasta alcanzar niveles de 0.9, 0.72 y 1.12 NTU después del proceso de microfiltración (Tabla 5).

Estas concentraciones presentadas por los tres productos V1, V2 y V3, luego de la cuarta etapa o proceso (microfiltración), indican que se partió de un vino (bebida) totalmente turbio y se logró un vino brillante, encontrándose todos ellos en el intervalo de turbidez de 0.4 – 1.5 NTU, tal como lo indica Vilavella (1998) y Lafuente (2013).

Cabe destacar que la turbidez final en la bebida a base de vino blanco (V2) 0.66 NTU es menor que la bebida a base de vino tinto (V3) 0.89 NTU, debido a que el vino blanco por naturaleza tiene menor cantidad de partículas sólidas (Tabla 5).

Tabla 5

Medición del parámetro turbidez en tres productos durante todas las etapas de filtración del vino

ETAPAS	V1	V2	V3
	Promedio	Promedio	Promedio
Después Centrifugación	11.3(0.4)	4.08 (0.3)	4.07 (0.3)
Filtración Tierras	2.63 (0.24)	2.07 (0.19)	2.50 (0.28)
Filtración Placas	1.57 (0.07)	1.17 (0.12)	1.81 (0.09)
Microfiltración	0.90 (0.06)	0.72 (0.01)	1.12 (0.07)
Después Pasteurización	0.78 (0.02)	0.66 (0.01)	0.89 (0.03)

Nota. V1: Vino tinto seco, V2: Bebida a base de vino blanco, V3: Bebida a base de vino tinto, () : Desviación estándar

Fuente: Elaboración propia

Con estos niveles de turbidez alcanzados, tanto para vinos tintos como para bebidas con un contenido de azúcar residual, se puede concluir que, por medio del proceso de microfiltración, se obtienen vinos totalmente brillantes, lo que convierte a este parámetro en sinónimo de calidad, corroborando lo que puede conseguir el proceso de microfiltración en los productos véricos listos para su comercialización.

Análisis Sensorial

1) *Pruebas Discriminativas*: resultados obtenidos en una prueba triangular a través de pruebas discriminativas se presentan en la Tabla 6. Estas evaluaciones se realizaron con el objetivo de analizar la posible influencia de los procesos estudiados (microfiltración y pasteurización) sobre las características organolépticas de los productos.

De los resultados obtenidos, se pudo evidenciar que en el producto V1, 6 de los 8 jueces fueron capaces de distinguir la muestra heterogénea, cumpliendo con lo propuesto en las tablas de interpretación estadística, con un nivel de confianza del 95 % (NTE-ISO1, 2014). Por lo antes expuesto, se puede afirmar que existe una diferencia entre las dos muestras sometidas a los distintos tratamientos. Otro comportamiento se observó en los resultados expuestos para los productos V2 y V3, en los cuales se obtuvieron números de respuestas correctas inferiores a 6, por lo que no puede afirmarse la existencia de diferencias entre las muestras analizadas (Tabla 6).

Tabla 6

Prueba triangular en vino tinto seco, bebida a base de vino blanco y bebida a base de vino tinto

Muestra	Número de jueces	Número mínimo para establecer diferencias	Resultados	Diferencia
V1			6	Sí
V2	8	6	2	No
V3			3	No

Nota. V1: Vino tinto seco, V2: Bebida a base de vino blanco, V3: Bebida a base de vino tinto. Nivel de confianza de los análisis 95 %

Fuente: Elaboración propia

2) *Pruebas Descriptivas*: características organolépticas de tres productos estudiados y sometidos a los dos procesos de estabilización microbiológica (microfiltración y pasteurización) fueron analizadas con el afán de evidenciar si existen diferencias significativas entre las muestras, y, de este modo, constatar si hubo o no afectación en sus atributos sensoriales. Las comparaciones de las características sensoriales fueron: Color, Intensidad Visual, Limpidez, Intensidad Olfativa, Calidad, Aroma, Intensidad Gustativa, Acidez, Naturaleza y Armonía General para cada uno de los tres

productos en estudio (a: Vino Tinto – V1, b: Bebida a Base de Vino Blanco – V2, c: Bebida a Base de Vino Tinto – V3) se presentan en la Figura 1a), b) y c).

Los resultados que se muestran para V1 (Figura 1a) evidencian diferencias marcadas entre ambos procesos. Partiendo de que se considera que para un vino tinto es importante mantener la tendencia a un color rojo púrpura (color esperado), analizando el color como primer parámetro considerado en este análisis; se observa una ligera diferencia entre los dos procesos, teniendo el vino tinto pasteurizado una menor puntuación, al tener una menor tendencia al color rojo púrpura.

Un aspecto que se tiene que destacar en este fenómeno lo constituyen las altas temperaturas que son aplicadas en la pasteurización. Como resultado del calor aplicado, ocurren procesos de transformación de los compuestos fenólicos (principalmente, antocianinas, responsables del color rojo), que tornan el color a tonalidades amarillentas, quitándole la vivacidad de un vino tinto joven. Comportamiento que concuerda con lo expresado en la investigación realizada por Peña (2006), quien señala que “las temperaturas elevadas favorecen a la pérdida del color en vinos tintos”.

El análisis de los parámetros intensidad visual y limpidez (Figura 1a) arroja que no se observan diferencias significativas; esto debido a que ambos parámetros dependen de la cantidad de materia colorante y de los turbios presentes en el producto. Por lo tanto, someter al producto a procesos de eliminación de partículas sólidas con suficiente eficacia provoca que no se vean afectadas las características en cuestión. Comportamiento similar lo demuestran los atributos calidad y naturaleza; ambos se encuentran dentro de los estándares establecidos para estos parámetros.

Valores que coinciden con los hallazgos encontrados por Vilavella (1998), quien menciona que después del proceso de microfiltración organolépticamente no hay diferencias significativas en la calidad con respecto a vinos tratados con la tecnología tradicional. En relación con el parámetro acidez, se observa que no hay diferencia entre las muestras, pues por ambos procesos se obtienen vinos con acidez moderada (Figura 1a).

El parámetro intensidad olfativa demuestra que existen diferencias, en las que el vino tinto pasteurizado ostenta una mayor valoración que el microfiltrado (Figura 1a).

Lo mismo ocurre en relación con el parámetro aroma; el vino, al ser pasteurizado, tiene mayor puntuación que el vino microfiltrado, por lo que el aroma es mucho más intenso (Figura 1a). Ese comportamiento se debe a las altas temperaturas aplicadas, pues vuelven más volátiles a los aromas, aumentando así su intensidad olfativa, así como al efecto que tiene la temperatura aplicada en el proceso de pasteurización, por lo que productos tratados por microfiltración son menos intensos y aromáticos. Similar comportamiento fue señalado por Vilavella (1998), quien expresa que la microfiltración acelera los fenómenos de condensación taninos-antocianos, disminuyendo así la cantidad de coloides que son soporte de los aromas; esto se relaciona a lo citado por Matheus (2004), que menciona que la filtración ocasiona la pérdida de aroma debido a que las moléculas de este se unen a macromoléculas, como las proteínas de la cáscara o de las pepas de la uva, que luego son eliminadas con la turbidez. En cuanto a la intensidad gustativa, también es superior después del proceso de pasteurización, puesto que la temperatura exalta todas estas sensaciones, volviendo a los vinos más ardientes y alcohólicos (Figura 1a).

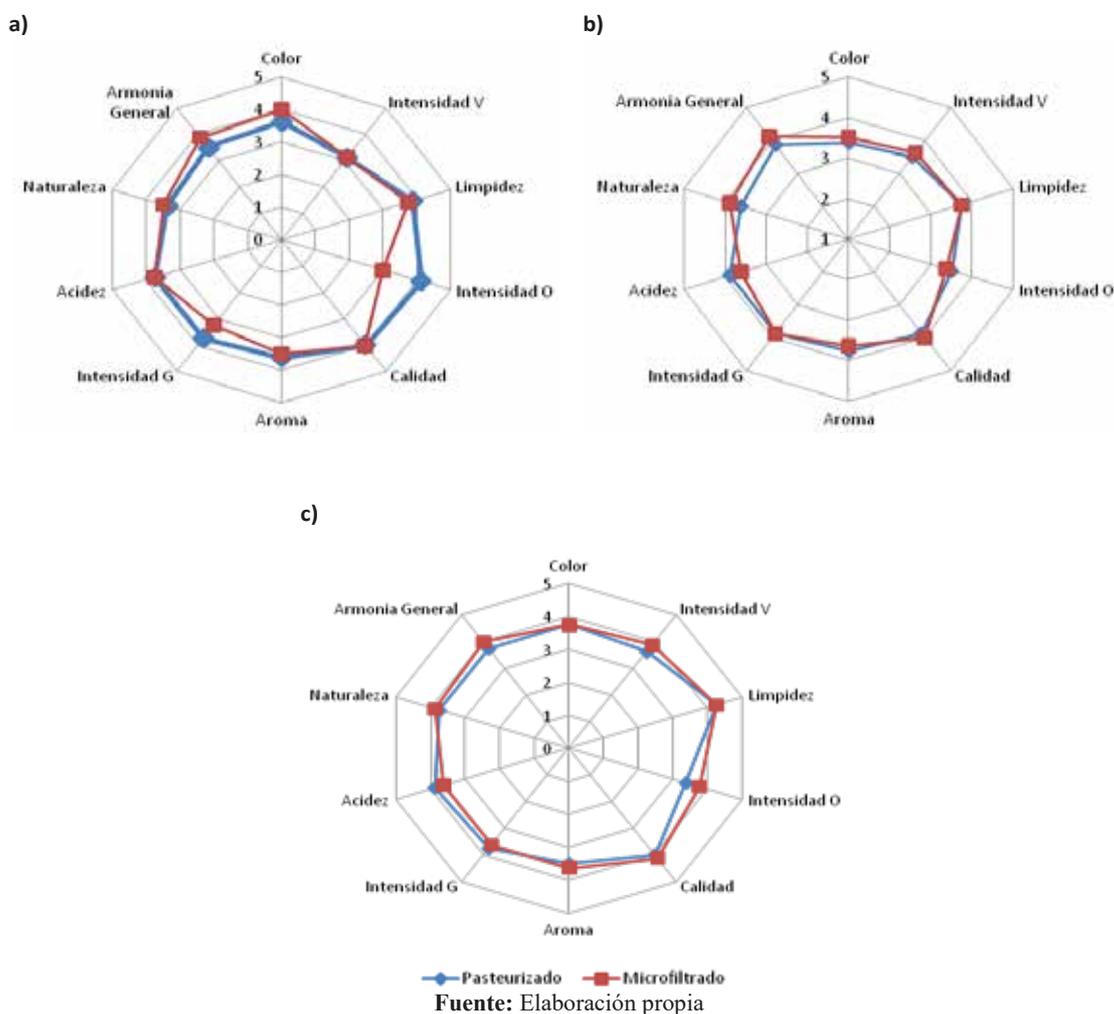
El análisis comparativo de las características sensoriales de los productos V2 y V3, sometidos al proceso de pasteurización y al proceso de microfiltración, se muestra en la Figura 1b) y Figura 1c). Es importante esclarecer que ambos productos contienen un contenido residual de azúcar del 10 %. Específicamente, los resultados obtenidos para V2 muestran que existen mínimas diferencias entre los dos procesos. Como se observa en la Figura 1b), en la mayoría de los parámetros estudiados (Color, Intensidad Visual, Limpidez, Calidad y Aroma) no se observan diferencias significativas, por lo que dichos parámetros no se ven afectados por la pasteurización ni la microfiltración; no obstante, la acidez registra una leve diferencia al ser esta mayor en el proceso de pasteurización. Es conocido que con un aumento en la temperatura se potencializan los sabores ácidos.

La Figura 1c) muestra las ligeras diferencias entre los procesos estudiados (pasteurización y microfiltración) comparando las características sensoriales del producto V3. En este caso se observan diferencias en la mayoría de los parámetros, teniendo una alta relación con los resultados encontrados en el vino tinto seco (Figura 1a), ya que precisamente V3 es una bebida producida a base de un vino tino, por tanto, el análisis será similar; no obstante, el grado de diferencia que existe entre los dos productos analizados en este caso es inferior.

Finalmente, una vez analizados los diferentes atributos, en el momento de determinar la armonía general y naturaleza de estos, el panel de jueces puntuó con una calificación más alta al proceso de microfiltración para los tres productos V1, V2 y V3.

Figura 1

Comparación de las características sensoriales entre un proceso de pasteurización y microfiltración de los productos estudiados en una escala hedónica de cinco puntos: a) vino tinto – v1, b) bebida a base de vino blanco – v2, c) bebida a base de vino tinto – v3



Pruebas sensoriales analizadas en el *software* estadístico IBM SPSS, mediante un análisis de varianza ANOVA aplicada a los productos, se muestran en la Tabla 7.

El análisis de los resultados expuestos en la Tabla 7 muestra que para el caso del producto V1, de las once (11) características que se sometieron a exámenes, solo en dos (2) de ellas, intensidad olfativa e intensidad gustativa, existen diferencias significativas luego del proceso de microfiltración y pasteurización. Estos hallazgos pueden ser atribuidos al hecho de que el proceso de pasteurización involucra altas temperaturas, lo que podría incidir en la volatilización de ciertas sustancias químicas

que le atribuyen en el perfil aroma y sabor. Para los demás atributos no se encontraron diferencias significativas después de los procesos.

Tabla 7

Análisis de varianza ANOVA realizado a los productos

Característica	Vino Tinto (V1)			Bebida a Base de Vino Blanco (V2)			Bebida a Base de Vino Tinto (V3)		
	Estadístico F	Sig.	Conclusión	Estadístico F	Sig.	Conclusión	Estadístico F	Sig.	Conclusión
Color	0.23	0.64	NO	0.00	1.00	NO	0.15	0.71	NO
Intensidad Visual	0.00	1.00	NO	0.52	0.48	NO	0.15	0.71	NO
Limpidez	0.07	0.79	NO	0.00	1.00	NO	0.00	1.00	NO
Intensidad Olfativa	24.65	0.00	SI	2.33	0.15	NO	0.00	1.00	NO
Calidad	0.00	1.00	NO	1.24	0.29	NO	2.33	0.15	NO
Aroma	0.93	0.35	NO	1.07	0.32	NO	0.26	0.62	NO
Intensidad Gustativa	4.67	0.05	SI	0.26	0.62	NO	1.00	0.33	NO
Acidez	0.00	1.00	NO	2.33	0.15	NO	11.67	0.06	NO
Naturaleza	0.23	0.64	NO	0.37	0.55	NO	2.74	0.12	NO
Armonía General	1.61	0.22	NO	0.64	0.44	NO	3.50	0.08	NO

Nivel de significancia: 95 %

Fuente: Elaboración propia

Para los productos V2 y V3, los resultados de la prueba (Tabla 7) muestran que no existen diferencias significativas para ninguno de los atributos estudiados.

Podría ser que, por el hecho de utilizar altas temperaturas, se volatilizan ciertos componentes y, en cuanto al sabor, se pierden ciertas sustancias que dan su cualidad a este.

4. Conclusiones

Este trabajo busca contribuir en los estudios que se realizan para la sustitución de etapas o procesos (en planta) durante la producción vinícola, así como en potencializar el panel sensorial como herramienta para validar procesos innovadores en la industria.

La capacitación continua a los jueces que forman parte del panel sensorial es imprescindible; para ello, se decidió establecer un plan de capacitación de identificación de aromas; este plan posibilita que las autoridades en cuestión puedan distinguir de una mejor manera los aromas característicos en los vinos que se evalúan.

Se constató que el proceso de microfiltración es capaz de sustituir al proceso de pasteurización, otorgando un aspecto totalmente brillante y una estabilización microbiológica adecuada, tanto en vinos tintos y secos, así como en bebidas a base de vino con un contenido de azúcar residual del 10 %.

El uso del panel sensorial posibilita determinar que el proceso de microfiltración no afecta las características organolépticas en bebidas a base de vino tinto y vino blanco con un contenido de azúcar residual del 10%.

El análisis sensorial se puede utilizar como una herramienta que permita validar productos vinícolas o procesos innovadores antes de ser lanzados en el mercado. Para este estudio, se pudo verificar que la innovación realizada en el proceso productivo (microfiltración) es viable, pues resulta más eficiente y, además, ayuda a conservar las características organolépticas de los productos.

Referencias

- Álvarez Munárriz L, Álvarez de Luis A. (2009). Estilos de vida y alimentación. *Gazeta de Antropología*. 25(27), <http://www.gazeta-antropologia.es/?p=1916>
- Cooper, Robert G.; Edgett, Scott J. (2009). *Generating Breakthrough New Product Ideas: Feeding the Innovation Funnel*. Product Development Institute.
- Cruz, M. L., y Puente Castro, R. (2012). ¿Hay verdadera innovación en los lanzamientos de nuevos productos? Factores relevantes de éxito y fracaso en el caso colombiano. *Estudios Gerenciales*, 28(EE), 263-280.
- Edgett, S. (2007). *Portfolio Management: Optimizing for Success*. Houston: American Productivity & Quality Center.
- Espinosa, M. J. (2007) Evaluación Sensorial de los Alimentos. Versión digital. Editorial Universitaria, Cuba. <https://s47003acac0f1f7a3.jimcontent.com/download/version/1463707242/module/8586131883/name/LIBRO%20ANALISIS%20SENSORIAL-1%20MANFUGAS.pdf>
- INEN (1994). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 339. Bebidas alcohólicas. Muestreo.
- INEN (2005). Norma Técnica Ecuatoriana ISO 6658. Análisis sensorial de alimentos. Metodología. Guía general.
- INEN (2013). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-10. Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuentos en placa por siembra en profundidad.
- INEN (2015). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2802. Bebidas Alcohólicas, Cocteles o bebidas alcohólicas mixtas y los aperitivos. Requisitos.
- INEN (2016). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 372. Bebidas alcohólicas. Vino. Requisitos.
- Lafuente, S. N. (2013). Efectos de la microfiltración tangencial en el color del vino de mora de castilla. BSc. [Tesis de grado, Universidad Tecnológica Equinoccial].
<http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/5000>
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: principles and practices*. Springer Science & Business Media.
- Matheus, M. C. (2004). Estudio de factibilidad para la producción de Uvas (*Vitis vinífera*), vino y vinagre en Imbabura. BSc. [Tesis de grado, Universidad San Francisco de Quito]
- NTE-ISO1 (2014). Norma Técnica Ecuatoriana ISO 4120. Análisis sensorial. Metodología. Prueba Triangular
- NTE-ISO (2014). Norma Técnica Ecuatoriana ISO 8586-2. Análisis sensorial. Guía general para la selección, entrenamiento y control de evaluadores. Parte 2: Evaluadores sensoriales expertos.
- OIV (2009). Compendium of International Methods of Analysis of Wines and Musts OIV-MA-AS2-08. Wine turbidity.
- Peña, A. (2006). El Color de los vinos. Informe Técnico. Vendimia, 24 – 26. Corporacion Chilena del vino.
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A. and Dubourdieu, D. (2006). Clarifying Wine by Filtration and Centrifugation. In *Handbook of Enology* (eds P. Ribéreau-Gayon, Y. Glories, A. Maujean and D. Dubourdieu). <https://doi.org/10.1002/0470010398.ch11>

- Schnarch K., Alejandro. (2009). Desarrollo de Nuevos Productos y Empresas: Creatividad, Innovación Y Marketing, como generar, desarrollar e introducir con éxito nuevos productos, servicios o empresas. MC GRAW-HILL. 409 P. / 24 CM. Edición 5.
- Suarez, J. A., Baldomero, I. L. (2004). Microbiología enológica: fundamentos de vinificación. Ediciones Mundi-Prensa.
- Vilavella Araujo, M. (1998). La Filtración tangencial en el tratamiento de vinos. Universitat de Lleida.

Ciencias Sociales

Trasmisión de Volatilidad del COVID-19 a los Precios de Acciones del Sector Bancario e Industrial de Sudamérica, México y Estados Unidos

Transmission of Volatility of COVID-19 to the Share Prices of the Banking and Industrial Sectors of South America, Mexico and the United States

Luis Eduardo Peñafiel¹ <https://orcid.org/0000-0002-5571-3978>

¹ Pontificia Universidad Católica Argentina, Buenos Aires, Argentina
lueduardo1994@gmail.com

Enviado: 2021/01/20
Aceptado: 2021/04/07
Publicado: 2021/06/30

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo la modelización de la volatilidad de los precios de acciones del sector bancario e industrial de Sudamérica, México y Estados Unidos en el contexto de la pandemia del COVID-19. Para ello, se estiman los modelos TGARCH (1,1) y EGARCH (1,1). Estos modelos empíricos son ventajosos, porque permiten una respuesta asimétrica de la varianza condicionada en función del signo de los residuos. Es un elemento crucial para los diseños de cartera y gestión de riesgos, y la medición de la volatilidad de los mercados financieros para capturar potenciales oportunidades o pérdidas de inversión. El análisis realizado revela que Brasil fue el más volátil ante el impacto del COVID-19; lo siguen Colombia, Perú, Chile y Argentina. Un caso aparte son Ecuador y México, que no tuvieron impacto significativo en la volatilidad de los precios de las acciones. Por otro lado, el *shock* del COVID-19 ha impactado en mayor medida a la volatilidad del sector industrial en Sudamérica y México comparado con el sector bancario en los Estados Unidos.

Palabras clave: heterocedasticidad condicional, volatilidad, precios, COVID-19.

Abstract

This work is aimed at modeling the volatility of share prices in the banking and industrial sectors of South America, Mexico, and the United States during the COVID-19 pandemic. For this purpose, the TGARCH (1,1) and EGARCH (1,1) models are estimated. These empirical models are advantageous because they allow an asymmetric response of the conditioned variance depending on the

Sumario: 1 Introducción, 2 Marco Teórico, 3 Metodología, 4 Resultados, 5 Conclusiones.

Como citar: Peñafiel, L. E. (2021). Trasmisión de volatilidad del covid-19 a los precios de acciones del sector bancario e industrial de Sudamérica, México y Estados Unidos. *Revista Tecnológica - Espol*, 33(1), 105-125. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/802>

sign of the residuals. It is a crucial element for portfolio designs and risk management to measure the volatility of financial markets and capture potential investment opportunities or losses. The analysis carried out reveals that Brazil was the most volatile when facing the impact of COVID-19, followed by Colombia, Peru, Chile, and Argentina. A separate case is Ecuador and Mexico, which did not have a significant impact on the volatility of share prices. On the other hand, the COVID-19 shock had a greater impact on the volatility of the industrial sector in South America and Mexico, while affecting greatly the banking sector in the United States.

Keywords: Conditional heteroskedasticity, volatility, prices, COVID-19.

1. Introducción

Cada vez más los pronósticos indican que los efectos de la pandemia COVID-19 superarán a las crisis financieras pasadas (Peñafiel Chang, et al. 2020; Peñafiel Chang, 2021). En principio, el radical confinamiento se ha manifestado en una clara externalidad negativa que ha provocado tres tipos de shock simultáneos. Por un lado, está el *shock de demanda* causado por el hecho de que las empresas se ven forzadas a realizar reestructuraciones (Peñafiel Chang, 2020a); esto debido a que, a diferencia de otras crisis, en esta no podrán seguir produciendo como lo hacían antes, a excepción de algunas industrias específicas.

Por otro lado, está el *shock de oferta* que se produce por el periodo de deflación originado por la reducción del gasto de las familias (Peñafiel Chang, 2020b), y, finalmente, el *shock financiero*, producido por la suma de los dos *shocks* anteriores, que se caracteriza por el aumento de la morosidad debido a las dificultades en la devolución de las deudas (Peñafiel Chang, 2019; Peñafiel Chang & Camelli, 2020). Este estudio se centra en los efectos sobre los mercados financieros, aunque estos diversos *shocks* afectan a muchos sectores de la economía de manera distinta.

Y es que, con la llegada de la pandemia, los mercados financieros de todo el mundo han tenido fluctuaciones en los precios de sus activos; fenómeno que se describe como un incremento de la volatilidad (Chaudhary, Bakhshi, & Gupta, 2020; Chevallier, 2020). De forma que, tanto para los participantes del mercado financiero como para los reguladores, es fundamental poseer y entender los indicadores de volatilidad para identificar potenciales oportunidades o pérdidas de inversión. Para ello, esta investigación revisa un conjunto de medidas de volatilidad aplicadas a los precios de acciones del sector industrial y bancario de Sudamérica, México y Estados Unidos.

Qué mercados financieros han sido más volátiles en el contexto del COVID-19 es la pregunta a la que se trata de responder en esta investigación. Más, precisamente, este trabajo indaga de modo empírico sobre el rol que ha tenido la pandemia en la volatilidad de los mercados financieros de Sudamérica, México y Estados Unidos. Para ello, se estiman los modelos TGARCH (1,1) y EGARCH (1,1); estos modelos empíricos son ventajosos, porque permiten una respuesta asimétrica de la varianza condicionada en función del signo de los residuos.

A parte de esta primera sección que corresponde a la introducción y que ha explorado a groso modo el estado actual de la problemática planteada, el trabajo está ordenado del siguiente modo: la sección dos revisa la literatura respecto con la volatilidad de los mercados financieros; luego, en la sección tres, se presenta un análisis econométrico formal, cuyos resultados se exponen de modo resumido en la sección cuatro; para finalizar, se presentan las conclusiones en la quinta sección.

2. Marco Teórico

La definición de volatilidad en los mercados financieros se asocia a la amplitud de las fluctuaciones de los rendimientos de un activo en el tiempo, y aunque se trata de un concepto muy intuitivo, no está exento de dificultades (Fernández, 2002). La modelización de la volatilidad asociada a un activo financiero ha crecido exponencialmente y ha dado lugar a un gran volumen de investigaciones (Bollerslev, Chou, y Kroner, 1992; Christoffersen y Diebold, 1997; Begoña, 1998; Amigo Dobaño, 1999; Claessen y Mittnik, 2002; Poon y Granger, 2003; Engle, 2004; Figlewski, 2004;

Frömmel, 2004; Poon, 2005; Knight y Satchell, 2007; Montenegro, 2010; Opschoor, 2013; DattaChaudhuri y Ghosh, 2015; Rupande, Muguto y Muzindutsi, 2019; Pflueger, Siriwardane y Sunderam, 2019; Bhowmik y Wang, 2020; Rcolani y Natoli, 2020).

La literatura considera a la volatilidad como un proceso que evoluciona de manera aleatoria en el tiempo. Por ello, la mayoría de los modelos planteados para captar el comportamiento de la volatilidad se formulan sobre alguna medida de dispersión, cuya desviación típica (σ_t) es alguna transformación, siendo en esta lo más frecuente σ_t^2 y $\ln \sigma_t^2$.

Las diferentes maneras de representar esta variable surgen como respuesta a la relación existente entre la volatilidad y las variables del conjunto de información. Generalmente, son las novedades sobre su valor fundamental y las alteraciones en el entorno macroeconómico las principales fuentes de cambios en los precios de los activos (Kim y Wu, 1987; Cooper, Chuin y Atkin, 2004; Bilson, Brailsford, y Hooper, 2005; Cauchie, Hoesli, y Isakov, 2005; Flannery y Protopapadakis, 2005; Baresa, Bogdan, y Ivanovic, 2013; Ato Forson y Janrattanagul, 2014; Barnor, 2014; Fama, 2014; Jakpar, Tinggi, Tak, y Chong, 2018; Demir, 2019; Rehman, Kashif, y Saleem, 2019).

Sin embargo, al existir comúnmente problemas de concordancia entre la frecuencia de las variables financieras respecto con las variables macroeconómicas, la opción más utilizada por la literatura es la información de la propia historia de la serie. La evidencia del conjunto de trabajos revisados también muestra que la capacidad de modelización de la volatilidad depende del mercado analizado y de las medidas del error de previsión. Por consiguiente, la mejor manera de medir la volatilidad vendrá dado por cómo se tenga en cuenta aspectos del mercado en concreto, la periodicidad de las observaciones y el uso final de la previsión de la volatilidad.

En ese sentido, los modelos tipo GARCH han sido fuertemente impulsados al adaptarse con facilidad a las dinámicas antes mencionadas, porque permiten diferentes parametrizaciones de la ecuación de la varianza. Sobre esto existen estudios relevantes (Alonso, 1992; Goyal, 2000; Gazda y VÝrost, 2003; Alberg, Shalit, y Yosef, 2008; Wu, 2010; Panait, 2012; Ali, 2013; Caldeira, Machado, Souza, y Tanscheit, 2014; Lama, Jha, Paul, y Gurung, 2015; Petrica y Stancu, 2017; Sosa, Bucio, y Cabello, 2019; Hanapi et al., 2020; Li, Clements, y Drovandi, 2020).

De hecho, diversos trabajos, como los de Bhunia y Ganguly (2020); Bildirici, Bayazit, y Ucan (2020); Dutillo, Gattone y Battista (2021); Fakhfekh, Jeribi y Ben Salem (2021); Lamouchi y Badkook, 2020; Ngu Chuan Yong, Mahdi Ziaei, y R. Szulczyk (2021), han incluido dentro de sus análisis los modelos tipo GARCH para conocer la volatilidad de los mercados financieros durante el estallido del nuevo coronavirus. Por tal motivo, el interés de este trabajo se centra en los modelos GARCH asimétricos TGARCH y EGARCH, debido a que se requiere la introducción de la posibilidad de que la volatilidad responda de manera asimétrica ante cambios de distintos signos en los precios.

3. Metodología

En esta sección se reportan las estimaciones formales de los parámetros de las especificaciones de $(\varphi, \theta, \eta, \lambda)$ de los modelos EGARCH y TGARCH. El razonamiento de colección de las variables obedeció al interés de examinar el impacto de la pandemia a la volatilidad de precios de las acciones del sector industrial y bancario. La muestra que se analizó estuvo compuesta por observaciones diarias entre el 5 de enero hasta el 20 de mayo de 2020, obtenidas de las bolsas de valores de cada país.

El estudio consideró el análisis de las acciones con mayor presencia bursátil, es decir, las acciones con mayor grado de liquidez. Se lo calculó dividiendo el número de negociaciones en que la acción ha sido transada en un tiempo determinado para el número de negociaciones realizadas en total, durante el mismo periodo de tiempo. Para este estudio se consideró las acciones de los siguientes países: Estados Unidos: JPMorgan Chase, Walmart, General Motors; Ecuador: Banco de Guayaquil, Corporación la Favorita, Natluk; Perú: Banco BBVA, Empresa Siderúrgica del Perú, Unión Andina de Cementos; Colombia: Bancolombia, Grupo Argos, Grupo Nutresa; Argentina: Grupo Supervielle, Cablevisión, Aluar Aluminio; Chile: Banco Itaú, Falabella, Embotelladora Andina; México: Grupo

Financiero Inbursa, Grupo Bimbo, América móvil; Brasil: Banco Bradesco, Metalúrgica Gerdau, Atacadao.

Con el fin de analizar el impacto de la pandemia en los mercados financieros, se consideraron los modelos EGARCH y TGARCH, porque son capaces de modelar los cambios asimétricos de los incrementos y decrementos de los rendimientos de las acciones. Dicho de otro modo, permite captar la volatilidad de manera asimétrica ante cambios de distintos signos en los precios.

Un modelo EGARCH (modelo exponencial generalizado autoregresivo condicionalmente heterocedástico), desarrollado inicialmente por Nelson (1991), tiene la virtud de modelar el comportamiento asimétrico de la varianza, que depende del tiempo, y, al mismo momento, garantizar que la varianza sea siempre positiva.

Esta técnica modela el efecto de la asimetría al considerar una función g de las innovaciones z_t , que son variables independientes e idénticamente distribuidas (i.i.d.) de media cero, que involucra tanto el valor de la innovación z_t como su magnitud expresada por medio de $|z_t| - E(|z_t|)$. Siguiendo la metodología propuesta por Monsegny y Cuervo (2008), en términos matemáticos, tenemos:

$$g(z_t) = (\theta + \lambda) z_t - \lambda E(|z_t|) \quad (1)$$

Donde θ y λ son números reales. El efecto de asimetría puede verse claramente al expresar la función g por casos:

$$g(z_t) = \begin{cases} (\theta + \lambda)z_t - \lambda E(|z_t|) & \text{si } z_t \geq 0 \\ (\theta - \lambda)z_t - \lambda E(|z_t|) & \text{si } z_t \leq 0 \end{cases} \quad (2)$$

Con esta definición de g , decimos que un proceso estocástico $\{y_t\}_{t \in T}$ obedece a un modelo en regresión exponencial generalizado autoregresivo condicionalmente heterocedástico de órdenes p y q , EGARCH (p, q), si satisface:

$$y_t | \psi_{t-1} \sim N(u_t, h_t) \quad (3)$$

$$\begin{aligned} u_t &= E[y_t | \psi_{t-1}] \\ &= x_t \beta \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{Ln}(h_t) &= \text{Ln VAR}[y_t | \psi_{t-1}] \\ &= C + \sum_{k=1}^{\infty} \psi_k g(\varepsilon_{t-k}) \end{aligned} \quad (5)$$

$$\varepsilon_t = y_t - x_t \beta \quad (6)$$

Donde:

y_t : variable aleatoria

T : es un conjunto discreto de índices

ψ_{t-1} : información pasada

x_t : vector de observaciones de las variables explicativas

β : vector de parámetros desconocidos

C : es una constante

ψ_k : parámetros para la varianza que satisfacen la condición $\sum_{k=1}^{\infty} |\psi_k|^2 < \infty$.

En la ecuación (3), si la media es cero, no se tiene el supuesto de normalidad, y los errores se definen como $\varepsilon_t = z_t h_t^{\frac{1}{2}}$, donde $\{z_t\}_{t \in T}$ son variables i.i.d de media cero, varianza uno y tienen distribución del error generalizado con parámetro (v). El modelo EGARCH y la verosimilitud para T observaciones está dada por:

$$f(z_t | \psi_{t-1}) = \frac{(v) \exp(-\frac{1}{2} |z_t / \lambda|^v)}{\lambda 2^{(1+\frac{1}{v})} \Gamma(\frac{1}{v})} \quad (7)$$

Donde $\Gamma(\cdot)$ es la función gama,

$$\lambda = \left[\frac{\Gamma(\frac{1}{v})}{2(\frac{2}{v}) \Gamma(\frac{3}{v})} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

(v) es un parámetro positivo, y si es igual a 2, se tiene la distribución normal. A partir del logaritmo de la verosimilitud para T observaciones, se obtienen las estimaciones de los parámetros para la media y la varianza. La ecuación (5) puede expresarse como:

$$\text{Log}(h_t) = \varphi + \sum_{i=1}^q \eta_i \left| \frac{u_{t-i}}{\sqrt{h_{t-i}}} \right| + \sum_{i=1}^q \lambda_i \frac{u_{t-i}}{\sqrt{h_{t-i}}} + \sum_{k=1}^p \theta_k \log(h_{t-k}) \quad (9)$$

$\text{Log}(h_t)$ es el logaritmo de la serie de la variancia (h_t), que hace que el efecto sea exponencial en vez de cuadrático. Esto asegura que las estimaciones no sean negativas. Donde, φ = es una constante, η = efectos Arch, λ = efectos asimétricos, θ = efectos Garch. Si $\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = 0$, el modelo es simétrico. Pero si $\lambda_i < 0$, implica que *shocks* negativos generan mayor volatilidad que *shocks* positivos.

Por otro lado, un modelo TGARCH (modelo por umbrales generalizado autoregresivo, condicionalmente heterocedástico), desarrollado inicialmente por Zakoian (1994), tiene la virtud de dividir la distribución de los *shocks* en intervalos disjuntos. Dicho esto, un proceso estocástico $\{y_t\}_{t \in T}$, obedece a un modelo en regresión por umbrales generalizado autoregresivo condicionalmente heterocedástico de órdenes p y q, TGARCH (p, q), si satisface:

$$y_t | \psi_{t-1} \sim N(u_t, h_t) \quad (10)$$

$$\begin{aligned} u_t &= E[y_t | \psi_{t-1}] \\ &= x_t \beta \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} h_t &= \text{VAR}[y_t | \psi_{t-1}] \\ &= z_t w \\ &= \varphi + \sum_{k=1}^p \theta_k h_{t-k} + \sum_{i=1}^q \eta_i u_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^q \lambda_i u_{t-i}^2 D_{t-i} \end{aligned} \quad (12)$$

$$\text{Sea } D_{t-i} = \begin{cases} 1, & \text{si } u_{t-i}^2 < 0 \quad (\text{shock negativo}) \\ 0, & \text{si } u_{t-i}^2 \geq 0 \quad (\text{shock positivo}) \end{cases} \quad (13)$$

$$\varepsilon_t = y_t - x_t \beta \quad (14)$$

Donde:

y_t : variable aleatoria

T: es un conjunto discreto de índices

ψ_{t-1} : información pasada

x_t : vector de variables explicativas observadas en el tiempo t.

z_t : vector de variables para la varianza

β : vector de parámetros para modelar la media

W: vector de parámetros para modelar la varianza

φ : constante

La variable D_i usa un umbra igual a cero para clasificar los impactos pasados. En la ecuación (12), si el coeficiente λ_i , que corresponde al parámetro de apalancamiento, es cero, el modelo se convierte en un GARCH (p, q) estándar. De acuerdo con este modelo, cuando se tiene un shock positivo, el efecto que se tiene en la volatilidad es igual a η_i . Asimismo, cuando hay un shock negativo, el efecto en la volatilidad es $(\eta_i + \lambda_i)$. A partir del logaritmo de la verosimilitud para T observaciones, se obtienen las estimaciones de los parámetros para la media y la varianza. La ecuación (12) puede expresarse como:

$$h_t = \varphi + \sum_{k=1}^p \theta_k h_{t-k} + \sum_{i=1}^q (\eta_i + \lambda_i D_{t-i}) u_{t-i}^2 \quad (15)$$

θ_k , η_i son parámetros no negativos que satisfacen condiciones similares a los modelos GARCH. Donde: φ = es una constante, θ = efectos Garch, η = efectos Arch, λ = efectos asimétricos.

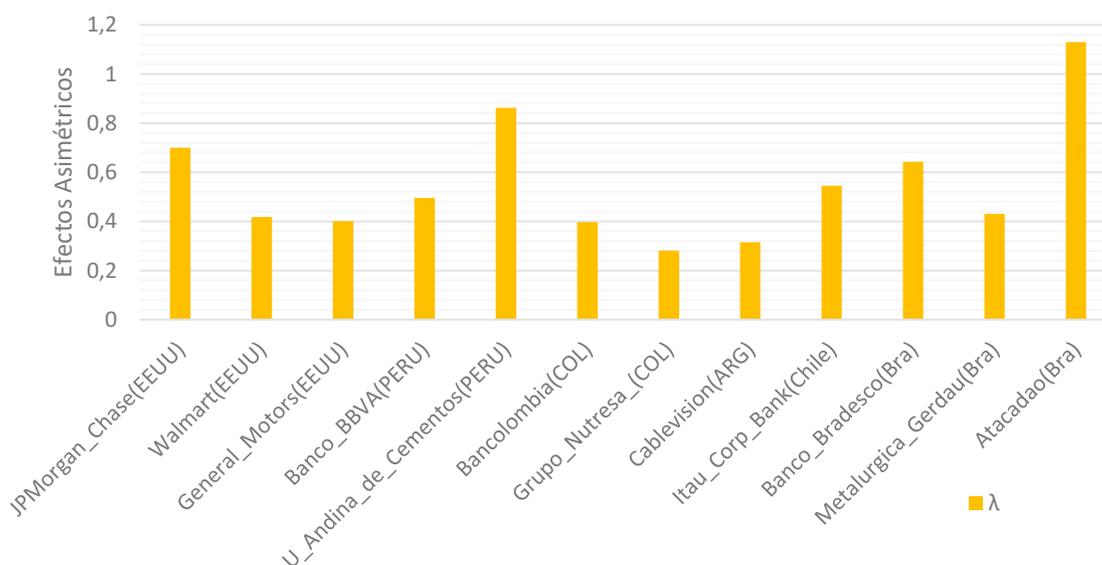
4. Resultados

Inminentemente entre el 5 de enero hasta el 20 de mayo de 2020 fue el periodo en que los gobiernos establecieron estrictos confinamientos en toda la región; acontecimiento que constituyó una clara externalidad negativa. En la sección de anexos, por una parte, se muestran las estimaciones de los modelos y la evolución de los precios (ver Figura 2) y por otra parte, en la misma sección, Figura 3, se presentan los rendimientos diarios de las acciones y, las pruebas de raíz unitarias (ver Tabla 9), que garantizan la estacionariedad de los datos. En cuanto a la estimación, solo se confirma que el shock de la pandemia afecta la variabilidad de los precios si y solo si ambos modelos (EGARCH (1, 1), TGARCH (1, 1)) indican lo mismo; basta con que uno de ellos sea no significativo para dar por hecho que el efecto del COVID-19 no afectó a la volatilidad.

A continuación, en el histograma de la Figura 1 se muestra un resumen de las estimaciones de volatilidad de asimétrica (λ) del modelo TGARCH (1,1).

Figura 1

Estimaciones de volatilidad de asimétrica (λ) del modelo TGARCH (1,1)



Notas. La figura muestra el coeficiente (λ) que es la diferencia de volatilidad en la varianza condicional en condiciones normales con respecto al shock de la pandemia de los activos financieros. Con fines ilustrativos, se eligieron las acciones que dieron significativos en el modelo TGARCH (1, 1). Fuente: Bolsa de valores de cada país y elaboración propia.

Por último, la elaboración y el diseño de este artículo responde a una minuciosa revisión de literatura que garantizó que la conjetura de investigación se cumpla. Siendo así, en este estudio se ha logrado construir modelos de la varianza condicional para las acciones con mayor presencia bursátil de cada sector de los siguientes países: Estados Unidos: JPMorgan Chase, Walmart, General Motors (ver Tabla 1); Ecuador: Banco de Guayaquil, Corporación la Favorita, Natluk (ver Tabla 2); Perú: Banco BBVA, Empresa Siderúrgica del Perú, Unión Andina de Cementos (ver Tabla 3); Colombia: Bancolombia, Grupo Argos, Grupo Nutresa (ver Tabla 4); Argentina: Grupo Supervielle, Cablevisión, Aluar Aluminio (ver Tabla 5); Chile: Banco Itaú, Falabella, Embotelladora Andina (ver Tabla 6); México: Grupo Financiero Inbursa, Grupo Bimbo, América móvil (ver Tabla 7); Brasil: Banco Bradesco, Metalúrgica Gerdau, Atacadao (ver Tabla 8).

5. Conclusiones

En este trabajo se muestra que la volatilidad de los activos financieros siempre ha sido un objeto de estudio de los inversionistas y organismos reguladores para poder realizar una valoración y gestión del riesgo más eficaz. Además, se analiza la influencia de la pandemia COVID-19 en la volatilidad de acciones del sector industrial y bancario de Sudamérica, México y Estados Unidos durante el periodo del 5 de enero de 2020 al 20 de mayo de 2020, mediante la estimación de los modelos EGARCH (1,1) y TGARCH (1,1).

Los hallazgos de este trabajo resultan interesantes en cuanto se evidencian cinco hechos estilizados para el mercado accionario de Sudamérica, México y Estados Unidos. Los resultados obtenidos muestran que: i) la pandemia no afectó significativamente a la volatilidad de las acciones de Ecuador y México; ii) la pandemia si afectó a la variabilidad de los precios de las acciones de: Chile (Banco Itaú), Argentina (Cablevisión), Colombia (Bancolombia y Grupo Nutresa), Perú (Unión Andina de Cementos y Banco BBVA), Brasil (Banco Bradesco, Metalúrgica Gerdau y Atacadao), Estados Unidos (JPMorgan Chase, Walmart, General Motors); iii) la volatilidad de Brasil es superior al resto de países; iv) a diferencia de Estados Unidos, en los demás países, en general, el shock de la pandemia afecta en mayor medida al sector industrial; v) el impacto de la pandemia en la volatilidad de los precios de las acciones de la región es bastante heterogénea, es decir, mientras que en Estados Unidos la pandemia afecta a la volatilidad de los precios de todas las empresas, para el caso de la región no aplica lo mismo.

Sería interesante en futuros estudios extender el análisis a un mayor número de acciones y otros tipos de activos financieros. Por otra parte, los resultados inevitablemente estarán sesgados por el criterio técnico del profesional, las decisiones impactarán en la elección de los métodos que capten el comportamiento de la volatilidad. En todo caso, la información obtenida de este estudio procura mostrar los efectos y las consecuencias de una pandemia a nivel global dentro del plan de acción de la política monetaria y administración de riesgos de los mercados de capitales.

Referencias

- Alberg, D., Shalit, H., & Yosef, R. (2008). Estimating stock market volatility using asymmetric GARCH models. *Applied Financial Economics*, 18(15), 1201–1208. <https://doi.org/10.1080/09603100701604225>
- Ali, G. (2013). EGARCH, GJR-GARCH, TGARCH, AVGARCH, NGARCH, IGARCH and APARCH Models for Pathogens at Marine Recreational Sites. *Journal of Statistical and Econometric Methods*, 2(3), 1–6.
- Alonso, F. (1992). *La Volatilidad Del Mercado De Acciones Español*. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/6501420.pdf>
- Baresa, S., Bogdan, S., & Ivanovic, Z. (2013). Strategy of Stock Valuation By Fundamental Analysis. *UTMS Journal of Economics*, 4(1), 45–51.
- Barnor, C. (2014). The impact of macroeconomic variables on stock market returns in Ghana (2000-2013). *International Journal of Business and Commerce*, 3(11), 1–31.

- Begoña, F. (1998). Modelización de series temporales financieras. Una recopilación. *Statistics and Econometrics*, 6(July), 1–46.
- Bhowmik, R., & Wang, S. (2020). Stock market volatility and return analysis: A systematic literature review. *Entropy*, 22(5), 1–18. <https://doi.org/10.3390/E22050522>
- Bhunia, A., & Ganguly, S. (2020). An assessment of volatility and leverage effect before and during the period of Covid-19: a study of selected international stock markets. *International Journal of Financial Services Management*, 10(2), 113. <https://doi.org/10.1504/ijfsm.2020.110224>
- Bildirici, M., Bayazit, N. G., & Ucan, Y. (2020). Analyzing crude oil prices under the impact of COVID-19 by using IstargarchIstm. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en13112980>
- Bilson, C., Brailsford, T. J., & Hooper, V. J. (2005). Selecting Macroeconomic Variables as Explanatory Factors of Emerging Stock Market Returns. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.201908>
- Bollerslev, T., Chou, R. Y., & Kroner, K. F. (1992). ARCH modeling in finance. A review of the theory and empirical evidence. *Journal of Econometrics*, 52(1–2), 5–59. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(92\)90064-X](https://doi.org/10.1016/0304-4076(92)90064-X)
- Caldeira, A. M., Machado, M. A. S., Souza, R. C., & Tanscheit, R. (2014). Garch Model Identification Using Neural Network. *Independent Journal of Management & Production*, 5(2), 527–541. <https://doi.org/10.14807/ijmp.v5i2.161>
- Cauchie, S., Hoesli, M. E. R., & Isakov, D. (2005). The Determinants of Stock Returns in a Small Open Economy. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.391996>
- Chaudhary, R., Bakhshi, P., & Gupta, H. (2020). Volatility in International Stock Markets: An Empirical Study during COVID-19. *Journal of Risk and Financial Management*, 13(9), 208. <https://doi.org/10.3390/jrfm13090208>
- Chevallier, J. (2020). COVID-19 Pandemic and Financial Contagion. *Journal of Risk and Financial Management*, 13(12), 309. <https://doi.org/10.3390/jrfm13120309>
- Christoffersen, P. F., & Diebold, F. X. (1997). How relevant is volatility forecasting for financial risk management? *Review of Economics and Statistics*, 82(1), 12–22. <https://doi.org/10.1162/003465300558597>
- Claessen, H., & Mittnik, S. (2002). Forecasting stock market volatility and the informational efficiency of the DAX-index options market. *European Journal of Finance*, 8(3), 302–321. <https://doi.org/10.1080/13518470110074828>
- Cooper, R., Chuin, L., & Atkin, M. (2004). Relationship between Macroeconomic Variables and Stock Market Indices: Cointegration Evidence from Stock Exchange of Singapore's All-S Sector Indices. *Economics Letters*, 21(3), 461–504. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2006.10.002>
- Datta, T., & Ghosh, I. (2015). Forecasting Volatility in Indian Stock Market using Artificial Neural Network with Multiple Inputs and Outputs. *International Journal of Computer Applications*, 120(8), 7–15. <https://doi.org/10.5120/21245-4034>
- Demir, C. (2019). Macroeconomic determinants of stock market fluctuations: The case of BIST-100. *Economies*, 7(1). <https://doi.org/10.3390/economies7010008>
- Dobaño, L. (1999). Modelos Arch: Un análisis de volatilidad de series temporales financieras. *Anuales de Estudios Económicos y Empresariales*, (14), 67–84.
- Dutillo, P., Gattone, S. A., & Battista, T. Di. (2021). *Volatility modeling : an overview of equity markets in the euro area during COVID-19 Pandemic*. <https://doi.org/10.3390/1010000>
- Engle, R. (2004). Risk and volatility: Econometric models and financial practice. *American Economic Review*,

94(3), 405–420. <https://doi.org/10.1257/0002828041464597>

- Fakhfekh, M., Jeribi, A., & Ben Salem, M. (2021). Volatility dynamics of the Tunisian stock market before and during the COVID-19 outbreak: Evidence from the GARCH family models. *International Journal of Finance and Economics*, (February). <https://doi.org/10.1002/ijfe.2499>
- Fama, E. F. (2014). Two pillars of asset pricing. *American Economic Review*, 104(6), 1467–1485. <https://doi.org/10.1257/aer.104.6.1467>
- Fernández, M. D. R. (2002). Medidas de volatilidad. *Revista Española de Financiación y Contabilidad*, 31(114), 1073–1110. <https://doi.org/10.1080/02102412.2002.10779469>
- Figlewski, S. (2004). Forecasting volatility. *New York University Stern School of Business*, 120–157.
- Flannery, M. J., & Protopapadakis, A. (2005). Macroeconomic Factors DO Influence Aggregate Stock Returns. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.314261>
- Forson, J., & Janrattanagul, J. (2014). Selected macroeconomic variables and stock market movements: Empirical evidence from Thailand. *Contemporary Economics*, 8(2), 157–174. <https://doi.org/10.5709/ce.1897-9254.138>
- Frömmel, M. (2004). Modelling Exchange Rate Volatility in the Run-up to EMU using a Markov Switching GARCH Model. *October*, (306), 1–18.
- Gazda, V., & Výrost, T. (2003). Application of Garch Models in Forecasting the Volatility of the Slovak Share Index (Sax). *Economics Focus*, XI, 17–20.
- Goyal, A. (2000). Predictability of Stock Return Volatility from GARCH Models, (May).
- Hanapi, A. L. M., Othman, M., Sokkalingam, R., Ramli, N., Husin, A., & Vasant, P. (2020). A novel fuzzy linear regression slidingwindow GARCH model for time-series forecasting. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/app10061949>
- Jakpar, S., Tinggi, M., Tak, A. H., & Chong, W. Y. (2018). Fundamental Analysis VS Technical analysis: The Comparison of Two Analysis in Malaysia Stock Market. *UNIMAS Review of Accounting and Finance*, 1(1), 38–61. <https://doi.org/10.33736/uraf.1208.2018>
- Kim, M. K., & Wu, C. (1987). Macro-Economic Factors and Stock Returns. *Journal of Financial Research*, 10(2), 87–98. <https://doi.org/10.1111/j.1475-6803.1987.tb00481.x>
- Knight, J., & Satchell, S. (2007). *Forecasting Volatility In The Financial Markets. Quantitative Finance Series*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-6942-9.X5000-6>
- Lama, A., Jha, G. K., Paul, R. K., & Gurung, B. (2015). Modelling and Forecasting of Price Volatility: An Application of GARCH and EGARCH Models. *Agricultural Economics Research Review*, 28(1), 73. <https://doi.org/10.5958/0974-0279.2015.00005.1>
- Lamouchi, R. A., & Badkook, R. (2020). Gold Prices Volatility among Major Events and During the Current COVID-19 Outbreak. *Journal of Statistical and Econometric Methods*, 9(July), 39–52.
- Li, D., Clements, A., & Drovandi, C. (2020). Efficient Bayesian estimation for GARCH-type models via Sequential Monte Carlo. *Econometrics and Statistics*, (Dan Li), 1–37. <https://doi.org/10.1016/j.ecosta.2020.02.002>
- Nelson, D. (1991). Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns. a New Approach. *Econometrica* 59(2): 347-370.
- Ngu Chuan Yong, J., Mahdi Ziaei, S., & R. Szulczyk, K. (2021). The Impact of Covid-19 Pandemic on Stock Market Return Volatility: Evidence from Malaysia and Singapore. *Asian Economic and Financial Review*, 11(3), 191–204. <https://doi.org/10.18488/journal.aefr.2021.113.191.204>

- Monsegny, M. C., & Cuervo, E. C. (2008). Modelos arch, garch y egarch: Aplicaciones a series financieras. *Cuadernos de Economía*, 27(48), 287–319.
- Montenegro, R. (2010). Medición de la volatilidad en series de tiempo financieras: Una evolución a la tasa de cambio representativa del mercado (TRM) en Colombia. *Revista Finanzas y Política Económica*, 2(1), 125–132.
- Opschoor, A. (2013). Understanding Financial Market Volatility. *International Finance*, 589–610. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199754656.003.0028>
- Panait, I. (2012). Using Garch-in-Mean Model to Investigate Volatility and Persistence at Different Frequencies for Bucharest Stock Exchange during 1997-2012. *Theoretical and Applied Economics*, 19(5), 55–76.
- Peñafiel Chang, L. E. (2019). La Dinámica Macroeconómica y la morosidad del sistema financiero del Ecuador (2009-2018). *Cuestiones Económica*, 29(1). Retrieved from <https://estudioeconomicos.bce.fin.ec/index.php/RevistaCE/article/view/35>
- Peñafiel Chang, L. E. (2020a). Decisiones empresariales de productividad y reajuste ante la crisis argentina 2018-2019. Caso GRIMOLDI. *Ciencia UNEMI*, 13(32), 109–122.
- Peñafiel Chang, L. E. (2020b). Dinámica de la tasa de interés, deflación y producción ante el shock del coronavirus en el marco de un modelo ‘ DSGE ’ neo - keynesiano para la economía ecuatoriana. *X-Pedientes Económicos*, 4(10), 6–18. Retrieved from https://ojs.supercias.gob.ec/index.php/X-pedientes_Economicos/article/view/119
- Peñafiel Chang, L. E. (2021). Regionalización de la cadena de valor : oportunidades y desafíos para América Latina en la nueva era del Sars-Cov-2 . *Revista Ciencia UNEMI*, 14, 81–91.
- Peñafiel Chang, L. E., & Camelli, G. B. (2020). Coordinación de Política Económica mediante el estudio de la Relación Dinámica-Macroeconómica de la cartera de morosidad de consumo del Ecuador en el periodo 2009-2019. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 32(1). <https://doi.org/10.37815/rte.v32n1.722>
- Peñafiel Chang, L. E., Camelli, G., & Peñafiel Chang, P. (2020). Pandemia COVID-19: Situación política - económica y consecuencias sanitarias en América Latina. *Ciencia Unemi*, 13(33), 120–128.
- Petrica, A., & Stancu, S. (2017). Empirical Results of Modeling EUR/RON Exchange Rate using ARCH, GARCH, EGARCH, TARCH and PARCH models. *Romanian Statistical Review*, 65(1), 57–72.
- Pflueger, C., Siriwardane, E., & Sunderam, A. (2019). Financial Market Risk Perceptions and the Macroeconomy*. *The Quarterly Journal of Economics*, 17–40. <https://doi.org/10.1093/qje/qjaa009>
- Poon, S.-H. (2005). *A Practical Guide to Forecasting Financial Market Volatility*.
- Poon, S.-H., & Granger, W. (2003). Forecasting Volatility in financial markets: A Review. *Journal of Economic Literature*, 41, 478–539.
- Rehman, N., Kashif, M., & Saleem, A. (2019). Financial and Economic Indicators of economic advancement: Evidence from Asian countries. *International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences*, 10(14), 1–10. <https://doi.org/10.14456/ITJEMAST.2019.187>
- Rupande, L., Muguto, H. T., & Muzindutsi, P. F. (2019). Investor sentiment and stock return volatility: Evidence from the Johannesburg Stock Exchange. *Cogent Economics and Finance*, 7(1), 1–16. <https://doi.org/10.1080/23322039.2019.1600233>
- Sosa, M., Bucio, C., & Cabello, A. (2019). Dependencia condicional en el bloque TLCAN : un análisis con modelos GARCH y Cópula. *Ecos de Economía*, 22(47), 73–91. <https://doi.org/10.17230/ecos.2018.47.4>
- Wu, J. (2010). Threshold GARCH Model: Theory and Application. *Publish.Uwo.Ca*, (April), 1–42. Retrieved from <http://publish.uwo.ca/~jwu87/files/Jing1207.pdf>

Zakoian, J. M., (1994.) Threshold Heteroskedastic Models. Journal of Economic Dynamics and Control.

Anexos

Tabla 1

Estimaciones de los parámetros y pruebas de diagnóstico para Estados Unidos

	JPMorgan Chase EGARCH (1,1)	JPMorgan Chase TGARCH (1,1)	Walmart EGARCH (1,1)	Walmart TGARCH (1,1)	General Motors EGARCH (1,1)	General Motors TGARCH (1,1)
c	-0,0039 [0,0782]	-0,0052 [0,0006]	-0,0023 [0,1037]	-0,0019 [0,1759]	-0,0056 [0,0514]	-0,0034 [0,1900]
Var (-1)	-0,1663 [0,1002]	-0,1709 [0,0210]	-0,1205 [0,1998]	-0,1574 [0,0762]	0,1520 [0,1577]	0,1538 [0,1770]
φ	-0,4322 [0,0274]	0,0000 [0,0009]	-0,4982 [0,0211]	0,0000 [0,3755]	-0,3533 [0,0325]	0,0000 [0,3802]
η	0,1154 [0,6448]	-0,2516 [0,1040]	0,3408 [0,0276]	0,0474 [0,6468]	0,1220 [0,5946]	-0,0001 [0,9993]
λ	-0,3855 [0,0032]	0,6993 [0,0001]	-0,2347 [0,0270]	0,4171 [0,0221]	-0,3238 [0,0177]	0,4007 [0,0274]
θ	0,9520 [0,0000]	0,9235 [0,0000]	0,9652 [0,0000]	0,8062 [0,0000]	0,9559 [0,0000]	0,8385 [0,0000]
R ²	0,0960	0,0993	0,0473	0,0625	-0,0313	-0,0293
Akaike	-4,1557	-4,2272	-5,0416	-5,057	-3,6943	-3,6568
Schwarz	-3,9954	-4,0669	-4,8814	-4,8969	-3,5337	-3,4963
Hannan- Quinn	-4,0909	-4,1623	-4,0769	-4,9924	-3,6292	-3,5920

Notas. Esta tabla muestra los resultados de regresión que provienen de la estimación de las ecuaciones (9) y (15), siendo el p-value los valores que están en corchetes. La interpretación del parámetro de asimetría en los modelos EGARCH (1,1) indican que si se satisface que $\lambda < 0$ implica que un shock negativo genera mayor volatilidad que un shock positivo. Mientras que la interpretación del parámetro de asimetría en los modelos TGARCH (1,1) indican que si se satisface que $\lambda > 0$ implica que para ese activo hay asimetría en las noticias (Shock), es decir, que un shock negativo tiene mayores efectos de volatilidad que un shock positivo. Los datos de las acciones provienen de la bolsa de valores de Estados Unidos. Elaboración propia.

Para el caso de Estados Unidos, las estimaciones del parámetro (λ) fueron significativas e indican que la pandemia afectó a la variabilidad de los precios de las acciones JPMorgan Chase, Walmart y General Motors. La estimación de la varianza condicional frente al shock de la pandemia y en condiciones normales queda construida como:

$$\widehat{h}_t \text{ JPMorgan}_{\text{Covid 19}} = 0,000 + 0,9235 \widehat{h}_{t-1} + (-0,2561 + 0,6993) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (16)$$

$$\widehat{h}_t \text{ JPMorgan} = 0,000 + 0,9235 \widehat{h}_{t-1} + (-0,2561) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (17)$$

$$\widehat{h}_t \text{ Walmart}_{\text{Covid 19}} = 0,000 + 0,8062 \widehat{h}_{t-1} + (0,0474 + 0,4171) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (18)$$

$$\widehat{h}_t \text{ Walmart} = 0,000 + 0,8062 \widehat{h}_{t-1} + (0,0474) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (19)$$

$$\widehat{h}_t \text{ General Motors}_{\text{Covid 19}} = 0,000 + 0,8385 \widehat{h}_{t-1} + (-0,0001 + 0,4007) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (20)$$

$$\widehat{h}_t \text{ General Motors} = 0,000 + 0,8385 \widehat{h}_{t-1} + (-0,0001) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (21)$$

Tabla 2

Estimaciones de los parámetros y pruebas de diagnóstico para Ecuador

	Banco de Guayaquil EGARCH (1,1)	Banco de Guayaquil TGARCH (1,1)	Corp. La Favorita EGARCH (1,1)	Corp. La Favorita TGARCH (1,1)	Natluk EGARCH (1,1)	Natluk TGARCH (1,1)
C	-0,0032 [0,0000]	-0,0051 [0,1196]	-0,0001 [0,7199]	-0,0000 [0,7923]	0,0017 [0,0000]	0,0002 [0,9056]
Var (-1)	-0,4490 [0,0000]	-0,4148 [0,0022]	-0,2501 [0,0530]	-0,2655 [0,0420]	0,2950 [0,0340]	-0,0763 [0,6207]
ϕ	-1,3163 [0,0026]	0,0001 [0,2407]	-3,6063 [0,0625]	0,0000 [0,1706]	-7,4719 [0,0000]	0,0000 [0,000]
η	-0,4747 [0,0002]	-0,0102 [0,9374]	0,4602 [0,0203]	0,0841 [0,5739]	-2,2465 [0,0000]	-0,0345 [0,0000]
λ	-0,5204 [0,0000]	0,2913 [0,4815]	-0,2203 [0,1965]	0,4904 [0,1953]	2,7465 [0,0000]	0,6629 [0,0000]
θ	0,7918 [0,0000]	0,6567 [0,0191]	0,7135 [0,0000]	0,4731 [0,0947]	0,1304 [0,4568]	0,9477 [0,0000]
R^2	0,1440	0,1564	0,0659	0,0668	-0,1424	-0,0088
Akaike	-4,9527	-4,7418	-8,5268	-8,5289	-6,9777	-7,7145
Schwarz	-4,7553	-4,5444	-8,3675	-8,3696	-6,7461	-7,4829
Hannan- Quinn	-4,8746	-4,6637	-8,4624	-8,4645	-6,8898	-7,6266

Notas. Esta tabla muestra los resultados de regresión que provienen de la estimación de las ecuaciones (9) y (15), siendo el p-value los valores que están en corchetes. La interpretación del parámetro de asimetría en los modelos EGARCH (1,1) indican que si se satisface que $\lambda < 0$ implica que un shock negativo genera mayor volatilidad que un shock positivo. Mientras que la interpretación del parámetro de asimetría en los modelos TGARCH (1,1) indican que si se satisface que $\lambda > 0$ implica que para ese activo hay asimetría en las noticias (Shock), es decir, que un shock negativo tiene mayores efectos de volatilidad que un shock positivo. Los datos de las acciones provienen de la bolsa de valores de Ecuador. Elaboración propia.

Para el caso de Ecuador, las estimaciones del parámetro (λ) fueron no significativas en los siguientes modelos: i) TGARCH del Banco Guayaquil; ii) EGARCH y TGARCH de Corporación la Favorita iii) EGARCH de Natluk debido a que no se satisface la condición de $\lambda < 0$. Por lo tanto, se muestra que la pandemia no afectó a la variabilidad de los precios de estas acciones. La estimación de la varianza condicional en condiciones normales queda construida como:

$$\widehat{h}_t \text{ Banco de Guayaquil} = 0,0001 + 0,6567 \widehat{h}_{t-1} + (-0,0102) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (22)$$

$$\widehat{h}_t \text{ Corp. La Favorita} = 0,0000 + 0,4731 \widehat{h}_{t-1} + (0,0841) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (23)$$

$$\widehat{h}_t \text{ Natluk} = 0,0000 + 0,9477 \widehat{h}_{t-1} + (-0,0345) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (24)$$

Tabla 3

Estimaciones de los parámetros y pruebas de diagnóstico para Perú

	Banco BBVA EGARCH (1,1)	Banco BBVA TGARCH (1,1)	Empresa Siderúrgica EGARCH (1,1)	Empresa Siderúrgica TGARCH (1,1)	U. Andina Cementos EGARCH (1,1)	U. Andina Cementos TGARCH (1,1)
c	-0,0039 [0,0000]	-0,0021 [0,0814]	-0,0017 [0,6383]	-0,0024 [0,0257]	-0,0037 [0,0000]	-0,0016 [0,0695]
Var (-1)	-0,1414 [0,1489]	0,0014 [0,9929]	0,0788 [0,4587]	0,0619 [0,4735]	0,2127 [0,0112]	0,0295 [0,8696]
φ	-0,8259 [0,0000]	0,0000 [0,0000]	-4,1861 [0,4586]	-0,0000 [0,0451]	-0,4794 [0,0002]	0,0000 [0,1336]
η	-0,2240 [0,0114]	-0,0786 [0,0000]	-0,0862 [0,6576]	0,0231 [0,0000]	-0,3535 [0,0185]	-0,0174 [0,7296]
λ	-0,5114 [0,0000]	0,4958 [0,0000]	-0,1382 [0,5955]	-0,0637 [0,0000]	-0,4218 [0,0004]	0,8626 [0,0014]
θ	0,8778 [0,0000]	0,7153 [0,0000]	0,4186 [0,5841]	1,0591 [0,0000]	0,9063 [0,0000]	0,7520 [0,0000]
R ²	0,0198	-0,0092	0,0074	0,0071	0,0200	-0,0422
Akaike	-5,4392	-5,3338	-4,3227	-4,5147	-5,5054	-5,2234
Schwarz	-5,2631	-5,1623	-4,1466	-4,3386	-5,3293	-5,0473
Hannan-Quinn	-5,3685	-5,2677	-4,2523	-4,4434	-5,4347	-5,1527

Notas. Esta tabla muestra los resultados de regresión que provienen de la estimación de las ecuaciones (9) y (15), siendo el p-value los valores que están en corchetes. La interpretación del parámetro de asimetría en los modelos EGARCH (1,1) indican que si se satisface que $\lambda < 0$ implica que un shock negativo genera mayor volatilidad que un shock positivo. Mientras que la interpretación del parámetro de asimetría en los modelos TGARCH (1,1) indican que si se satisface que $\lambda > 0$ implica que para ese activo hay asimetría en las noticias (Shock), es decir, que un shock negativo tiene mayores efectos de volatilidad que un shock positivo. Los datos de las acciones provienen de la bolsa de valores de Perú. Elaboración propia.

Para el caso del Perú, las estimaciones del parámetro (λ) fueron no significativas en el siguiente modelo: i) EGARCH de la empresa Siderúrgica del Perú. Por lo tanto, se muestra que la pandemia afectó a la variabilidad de los precios de las acciones Banco BBVA y Unión Andina de cementos. La estimación de la varianza condicional frente al shock de la pandemia y en condiciones normales queda construida como:

$$\widehat{h}_t \text{ Banco BBVA}_{\text{Covid 19}} = 0,000 + 0,7153 \widehat{h}_{t-1} + (-0,0786 + 0,4958) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (25)$$

$$\widehat{h}_t \text{ Banco BBVA} = 0,000 + 0,7153 \widehat{h}_{t-1} + (-0,0786) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (26)$$

$$\widehat{h}_t \text{ Emp. Siderúrgica} = -0,000 + 1,0591 \widehat{h}_{t-1} + (0,0231) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (27)$$

$$\widehat{h}_t \text{ U. Andina de Cementos}_{\text{Covid 19}} = 0,000 + 0,7520 \widehat{h}_{t-1} + (-0,0174 + 0,8626) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (28)$$

$$\widehat{h}_t \text{ U. Andina de Cementos} = 0,000 + 0,7520 \widehat{h}_{t-1} + (-0,0174) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (29)$$

Tabla 4

Estimaciones de los parámetros y pruebas de diagnóstico para Colombia

	Bancolombia EGARCH (1,1)	Bancolombia TGARCH (1,1)	Grupo Argos EGARCH (1,1)	Grupo Argos TGARCH (1,1)	Grupo Nutresa EGARCH (1,1)	Grupo Nutresa TGARCH (1,1)
c	-0,0071 [0,0013]	-0,0051 [0,0000]	-0,0065 [0,0103]	-0,0069 [0,0365]	-0,0248 [0,0003]	-0,0027 [0,0069]
Var (-1)	0,1139 [0,3491]	-0,0378 [0,7811]	0,0935 [0,4305]	0,2097 [0,1065]	-0,2301 [0,0043]	-0,1101 [0,2086]
φ	-0,3524 [0,0987]	0,0000 [0,0000]	-0,6830 [0,0012]	0,0000 [0,1267]	-0,1179 [0,3731]	0,0000 [0,0000]
η	-0,2864 [0,0082]	-0,2448 [0,0000]	0,4728 [0,0005]	0,2015 [0,1683]	-0,1916 [0,1239]	-0,1538 [0,0031]
λ	-0,4404 [0,0001]	0,3966 [0,0000]	-0,1429 [0,1946]	0,2770 [0,3261]	-0,2565 [0,0001]	0,2818 [0,0000]
θ	0,9118 [0,0000]	1,0326 [0,0000]	0,9472 [0,0000]	0,6823 [0,0000]	0,9616 [0,0000]	1,0043 [0,0000]
R^2	0,0161	-0,00142	0,0404	0,0673	-0,0971	-0,0349
Akaike	-4,1684	-4,1300	-3,5924	-3,5443	-5,0996	-5,0012
Schwarz	-4,0061	-3,9677	-3,4301	-3,3820	-4,9373	-4,8389
Hannan- Quinn	-4,1028	-4,0644	-3,5368	-3,4788	-5,0340	-4,0367

Notas. Esta tabla muestra los resultados de regresión que provienen de la estimación de las ecuaciones (9) y (15), siendo el p-value los valores que están en corchetes. La interpretación del parámetro de asimetría en los modelos EGARCH (1,1) indican que si se satisface que $\lambda < 0$ implica que un shock negativo genera mayor volatilidad que un shock positivo. Mientras que la interpretación del parámetro de asimetría en los modelos TGARCH (1,1) indican que si se satisface que $\lambda > 0$ implica que para ese activo hay asimetría en las noticias (Shock), es decir, que un shock negativo tiene mayores efectos de volatilidad que un shock positivo. Los datos de las acciones provienen de la bolsa de valores de Colombia. Elaboración propia.

Para el caso de Colombia, las estimaciones del parámetro (λ) fueron no significativas en los siguientes modelos: i) EGARCH y TGACRH del Grupos Argos. Por lo tanto, se muestra que la pandemia afectó a la variabilidad de los precios de las acciones Bancolombia y Grupo Nutresa. La estimación de la varianza condicional frente al shock de la pandemia y en condiciones normales queda construida como:

$$\widehat{h}_t \text{ Bancolombia}_{\text{Covid 19}} = 0,0000 + 1,0326 \widehat{h}_{t-1} + (-0,2448 + 0,3966) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (30)$$

$$\widehat{h}_t \text{ Bancolombia} = 0,000 + 1,0326 \widehat{h}_{t-1} + (-0,2448) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (31)$$

$$\widehat{h}_t \text{ Grupo Argos} = 0,0000 + 0,68231 \widehat{h}_{t-1} + (0,2015) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (32)$$

$$\widehat{h}_t \text{ Grupo Nutresa}_{\text{Covid 19}} = 0,0000 + 1,0043 \widehat{h}_{t-1} + (-0,1538 + 0,2818) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (33)$$

$$\widehat{h}_t \text{ Grupo Nutresa} = 0,0000 + 1,0043 \widehat{h}_{t-1} + (-0,1538) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (34)$$

Tabla 5

Estimaciones de los parámetros y pruebas de diagnóstico para Argentina

	Grupo Supervielle EGARCH (1,1)	Grupo Supervielle TGARCH (1,1)	Cablevisión EGARCH (1,1)	Cablevisión TGARCH (1,1)	Aluar Aluminio EGARCH (1,1)	Aluar Aluminio TGARCH (1,1)
c	0,0002 [0,9695]	0,0008 [0,8834]	-0,0006 [0,8776]	-0,0020 [0,3081]	-0,0020 [0,0621]	0,0003 [0,9443]
Var (-1)	0,0549 [0,7597]	0,0940 [0,5712]	0,0666 [0,6061]	0,1088 [0,2572]	0,0044 [0,9605]	0,0429 [0,7228]
φ	-0,9550 [0,2801]	0,0006 [0,1298]	-0,5548 [0,0936]	0,0000 [0,0366]	-0,0585 [0,0000]	0,0001 [0,1998]
η	0,2558 [0,1758]	-0,0295 [0,6964]	0,1723 [0,1298]	-0,1434 [0,0057]	-0,1120 [0,0000]	0,0004 [0,9949]
λ	-0,1657 [0,0433]	0,3242 [0,1042]	-0,1950 [0,0356]	0,3148 [0,0024]	-0,1740 [0,0000]	0,2849 [0,0903]
θ	0,8725 [0,0000]	0,6518 [0,0029]	0,9317 [0,0000]	0,9988 [0,0000]	0,9749 [0,0000]	0,7506 [0,0000]
R ²	-0,0091	-0,0194	0,0034	0,0018	-0,0024	-0,0002
Akaike	-2,9807	-2,9870	-3,4842	-3,4980	-3,5587	-3,4843
Schwarz	-2,8152	-2,8214	-3,3187	-3,3325	-3,3932	-3,3884
Hannan-Quinn	-2,9139	-2,9201	-3,4174	-3,4312	-3,4919	-3,4176

Notas. Esta tabla muestra los resultados de regresión que provienen de la estimación de las ecuaciones (9) y (15), siendo el p-value los valores que están en corchetes. La interpretación del parámetro de asimetría en los modelos EGARCH (1,1) indican que si se satisface que $\lambda < 0$ implica que un shock negativo genera mayor volatilidad que un shock positivo. Mientras que la interpretación del parámetro de asimetría en los modelos TGARCH (1,1) indican que si se satisface que $\lambda > 0$ implica que para ese activo hay asimetría en las noticias (Shock), es decir, que un shock negativo tiene mayores efectos de volatilidad que un shock positivo. Los datos de las acciones provienen de la bolsa de valores Argentina. Elaboración propia.

Para el caso de Argentina, las estimaciones del parámetro (λ) fueron no significativas en los siguientes modelos: i) TGARCH del Grupo Supervielle; ii) TGARCH de Aluar Aluminio. Por lo tanto, se muestra que la pandemia afectó a la variabilidad del precio de la acción de Cablevisión. La estimación de la varianza condicional frente al shock de la pandemia y en condiciones normales queda construida como:

$$\widehat{h}_t \text{ Grupo Supervielle} = 0,0006 + 0,6518 \widehat{h}_{t-1} + (-0,0295) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (35)$$

$$\widehat{h}_t \text{ Cablevisión}_{\text{Covid 19}} = 0,0000 + 0,9988 \widehat{h}_{t-1} + (-0,1434 + 0,3148) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (36)$$

$$\widehat{h}_t \text{ Cablevisión} = 0,0000 + 0,99881 \widehat{h}_{t-1} + (-0,1434) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (37)$$

$$\widehat{h}_t \text{ Aluar Aluminio} = 0,0001 + 0,7506 \widehat{h}_{t-1} + (0,0004) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (38)$$

Tabla 6

Estimaciones de los parámetros y pruebas de diagnóstico para Chile

	Itau Corp Bank EGARCH (1,1)	Itau Corp Bank TGARCH (1,1)	Falabella EGARCH (1,1)	Falabella TGARCH (1,1)	Embotelladora Andina EGARCH (1,1)	Embotelladora Andina TGARCH (1,1)
c	-0,0125 [0,0000]	-0,0107 [0,0002]	-0,0052 [0,2373]	-0,0027 [0,1211]	-0,0018 [0,6096]	-0,0030 0,1502
Var (-1)	-0,1370 [0,2303]	-0,2509 [0,0553]	0,0717 [0,1121]	-0,1029 [0,4393]	-0,1947 [0,1704]	-0,2182 [0,0824]
ϕ	-0,3054 [0,1051]	0,0000 [0,0474]	-8,2012 [0,0000]	0,0000 [0,7212]	-8,0725 [0,0011]	0,0000 [0,4123]
η	-0,0943 [0,4619]	-0,1231 [0,1933]	-0,5035 [0,0584]	0,1761 [0,1555]	0,5578 [0,0326]	0,1365 [0,3198]
λ	-0,4336 [0,0000]	0,5452 [0,0003]	0,5327 [0,0044]	0,6497 [0,0231]	0,4242 [0,0113]	0,4622 [0,0211]
θ	0,9394 [0,0000]	0,83331 [0,0000]	-0,2868 [0,0549]	0,7151 [0,0000]	-0,1110 [0,7555]	0,7377 [0,0000]
R^2	0,0716	0,1079	0,0001	-0,0220	0,1164	0,1235
Akaike	-4,1417	-4,0447	-3,6334	-3,9527	-3,9471	-4,2944
Schwarz	-3,9814	-3,8844	-3,4731	-3,7924	-3,7866	-4,1341
Hannan- Quinn	-4,0769	-3,9799	-3,5686	-3,8879	-3,8823	-4,2296

Notas. Esta tabla muestra los resultados de regresión que provienen de la estimación de las ecuaciones (9) y (15), siendo el p-value los valores que están en corchetes. La interpretación del parámetro de asimetría en los modelos EGARCH (1,1) indican que si se satisface que $\lambda < 0$ implica que un shock negativo genera mayor volatilidad que un shock positivo. Mientras que la interpretación del parámetro de asimetría en los modelos TGARCH (1,1) indican que si se satisface que $\lambda > 0$ implica que para ese activo hay asimetría en las noticias (Shock), es decir, que un shock negativo tiene mayores efectos de volatilidad que un shock positivo. Los datos de las acciones provienen de la bolsa de valores de Chile. Elaboración propia.

Para el caso de Chile, las estimaciones del parámetro (λ) fueron no significativas en los siguientes modelos: i) EGARCH de Falabella debido a que no se satisface la condición de $\lambda < 0$; ii) EGARCH de Embotelladora Andina debido a que tampoco satisface la condición de $\lambda < 0$. Por lo tanto, se muestra que la pandemia afectó solo a la variabilidad del precio de la acción de Itaú Corp Bank. La estimación de la varianza condicional frente al shock de la pandemia y en condiciones normales queda construida como:

$$\widehat{h}_t \text{ Itaú Corp Bank}_{\text{Covid 19}} = 0,0000 + 0,8331 \widehat{h}_{t-1} + (-0,1231 + 0,5452) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (39)$$

$$\widehat{h}_t \text{ Itaú Corp Bank} = 0,0000 + 0,8331 \widehat{h}_{t-1} + (-0,1231) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (40)$$

$$\widehat{h}_t \text{ Falabella} = 0,0000 + 0,7151 \widehat{h}_{t-1} + (0,1761) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (41)$$

$$\widehat{h}_t \text{ Embotelladora Andina} = 0,0000 + 0,7377 \widehat{h}_{t-1} + (0,1365) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (42)$$

Tabla 7

Estimaciones de los parámetros y pruebas de diagnóstico para México

	G. F. Inbursa EGARCH (1,1)	G. F. Inbursa TGARCH (1,1)	Grupo Bimbo EGARCH (1,1)	Grupo Bimbo TGARCH (1,1)	América Móvil EGARCH (1,1)	América Móvil TGARCH (1,1)
c	-0,0079 [0,0022]	-0,0072 [0,0146]	-0,0021 [0,4287]	-0,0023 [0,4024]	-0,0020 [0,4983]	-0,0030 [0,0000]
Var (-1)	-0,0911 [0,4348]	-0,0964 [0,4515]	-0,1190 [0,3294]	-0,1298 [0,2929]	-0,0691 [0,5426]	-0,0574 [0,6248]
φ	-1,5282 [0,1715]	0,0001 [0,2618]	-0,3843 [0,0688]	0,0000 [0,3197]	-0,6054 [0,0654]	0,0000 [0,0000]
η	0,6127 [0,0593]	0,2489 [0,3641]	0,2432 [0,0271]	0,0318 [0,5636]	0,0760 [0,6088]	-0,1127 [0,0000]
λ	-0,2450 [0,1544]	0,4624 [0,3255]	-0,0955 [0,2511]	0,2113 [0,0746]	-0,1202 [0,3296]	0,0690 [0,0723]
θ	0,8518 [0,0000]	0,4213 [0,1449]	0,9696 [0,0000]	0,8814 [0,0000]	0,9227 [0,0000]	1,0600 [0,0000]
R ²	0,0053	0,0061	0,0178	0,0179	0,0079	0,0013
Akaike	-4,0738	-4,0646	-4,0682	-4,0484	-4,5065	-4,5646
Schwarz	-3,9114	-3,9022	-3,9059	-3,8860	-4,3442	-4,4022
Hannan- Quinn	-4,0824	-3,9990	-4,0026	-3,9828	-4,4408	-4,4990

Notas. Esta tabla muestra los resultados de regresión que provienen de la estimación de las ecuaciones (9) y (15), siendo el p-value los valores que están en corchetes. La interpretación del parámetro de asimetría en los modelos EGARCH (1,1) indican que si se satisface que $\lambda < 0$ implica que un shock negativo genera mayor volatilidad que un shock positivo. Mientras que la interpretación del parámetro de asimetría en los modelos TGARCH (1,1) indican que si se satisface que $\lambda > 0$ implica que para ese activo hay asimetría en las noticias (Shock), es decir, que un shock negativo tiene mayores efectos de volatilidad que un shock positivo. Los datos de las acciones provienen de la bolsa de valores de México. Elaboración propia.

Para el caso de México, las estimaciones del parámetro (λ) fueron no significativas en todos los modelos. Por lo tanto, se muestra que la pandemia no afectó a la variabilidad de los precios de las acciones de: Grupo Financiero Inbursa, Grupo Bimbo y América móvil. La estimación de la varianza condicional en condiciones normales queda construida como:

$$\widehat{h}_t \text{ Grupo F. Inbursa} = 0,0001 + 0,4213 \widehat{h}_{t-1} + (0,2489) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (43)$$

$$\widehat{h}_t \text{ Grupo Bimbo} = 0,0000 + 0,8814 \widehat{h}_{t-1} + (0,0318) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (44)$$

$$\widehat{h}_t \text{ América Móvil} = 0,0000 + 1,0600 \widehat{h}_{t-1} + (-0,1127) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (45)$$

Tabla 8

Estimaciones de los parámetros y pruebas de diagnóstico para Brasil

	Banco Bradesco EGARCH (1,1)	Banco Bradesco TGARCH (1,1)	Metalúrgica Gerdau EGARCH (1,1)	Metalúrgica Gerdau TGARCH (1,1)	Atacadao EGARCH (1,1)	Atacadao TGARCH (1,1)
c	-0,0099 [0,0001]	-0,0080 [0,0019]	-0,0016 [0,7083]	-0,0020 [0,6887]	-0,0084 [0,0042]	-0,0091 [0,0000]
Var (-1)	-0,0101 [0,9269]	0,0047 [0,9646]	-0,1534 [0,1571]	-0,0079 [0,9267]	-0,0601 [0,5624]	-0,0616 [0,4259]
ϕ	-0,6369 [0,0429]	0,0000 [0,0513]	-0,3701 [0,0000]	0,0002 [0,0008]	-1,2289 [0,1379]	0,0001 [0,016]
η	0,1737 [0,2383]	-0,0789 [0,4709]	-0,2211 [-0,0006]	-0,2946 0,0003	0,3685 [0,1876]	-0,1443 [0,038]
λ	-0,3936 [0,0025]	0,6422 [0,0483]	-0,3152 [0,0000]	0,4302 [0,0001]	-0,4391 [0,0046]	1,1299 [0,0166]
θ	0,9202 [0,0000]	0,7856 [0,0000]	0,9101 [0,0000]	0,9587 [0,0000]	0,8662 [0,0000]	0,6570 [0,0000]
R^2	0,0001	-0,0038	0,0163	-0,0020	0,0063	0,0009
Akaike	-3,8646	-3,8333	-3,0912	-3,1226	-4,2569	-4,2873
Schwarz	-3,7023	-3,6710	-2,9289	-2,9602	-4,0946	-4,1250
Hannan- Quinn	-3,7991	-3,7678	-3,0257	-3,0570	-4,1913	-4,2217

Notas. Esta tabla muestra los resultados de regresión que provienen de la estimación de las ecuaciones (9) y (15), siendo el p-valor los valores que están en corchetes. La interpretación del parámetro de asimetría en los modelos EGARCH (1,1) indican que si se satisface que $\lambda < 0$ implica que un shock negativo genera mayor volatilidad que un shock positivo. Mientras que la interpretación del parámetro de asimetría en los modelos TGARCH (1,1) indican que si se satisface que $\lambda > 0$ implica que para ese activo hay asimetría en las noticias (Shock), es decir, que un shock negativo tiene mayores efectos de volatilidad que un shock positivo. Los datos de las acciones provienen de la bolsa de valores de Brasil. Elaboración propia.

Para el caso de Brasil, las estimaciones del parámetro (λ) fueron significativas e indican que la pandemia afectó a la variabilidad de los precios de las acciones Banco Bradesco, Metalúrgica Gerdau y Atacadao. La estimación de la varianza condicional frente al shock de la pandemia y en condiciones normales queda construida como:

$$\widehat{h}_t \text{ Banco Bradesco}_{\text{Covid 19}} = 0,0000 + 0,7856 \widehat{h}_{t-1} + (-0,0789 + 0,6422) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (46)$$

$$\widehat{h}_t \text{ Banco Bradesco} = 0,0000 + 0,7856 \widehat{h}_{t-1} + (-0,0789) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (47)$$

$$\widehat{h}_t \text{ Metalúrgica Gerdau}_{\text{Covid 19}} = 0,0002 + 0,9587 \widehat{h}_{t-1} + (-0,2946 + 0,4302) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (48)$$

$$\widehat{h}_t \text{ Metalúrgica Gerdau} = 0,0001 + 0,9587 \widehat{h}_{t-1} + (-0,2946) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (49)$$

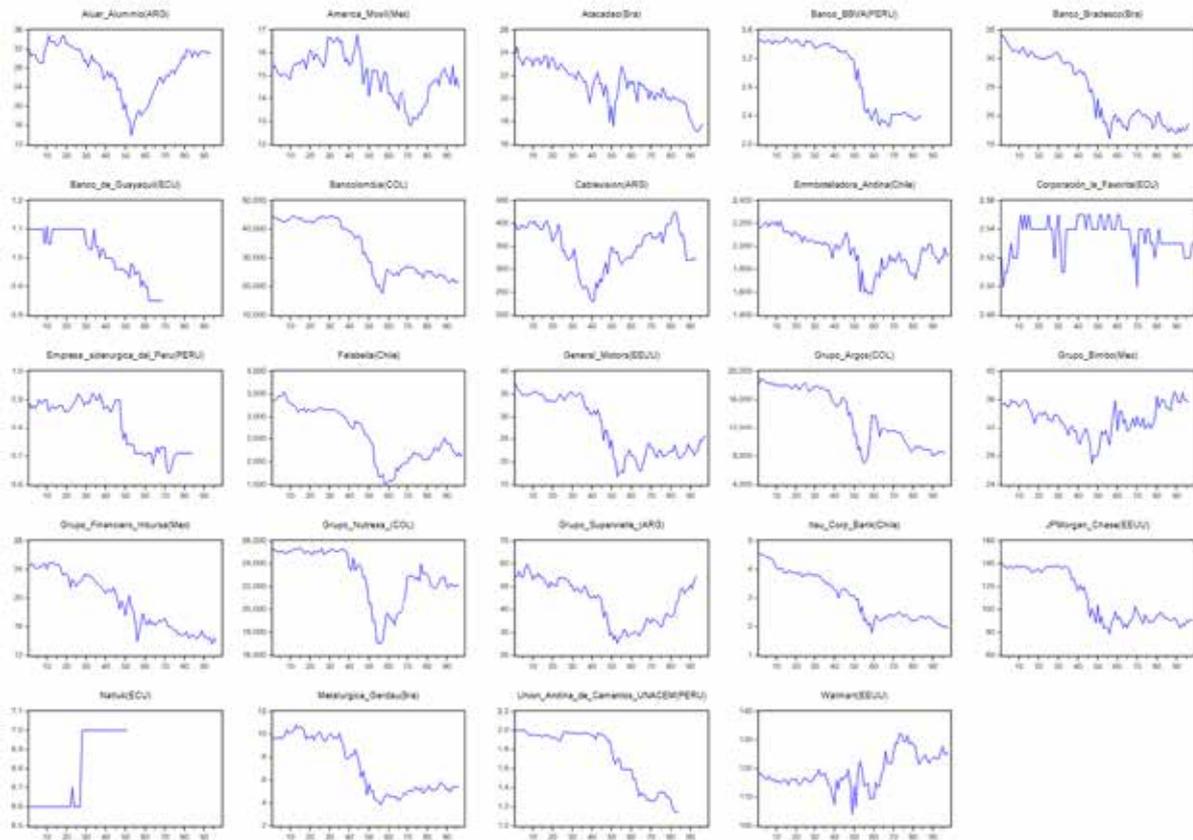
$$\widehat{h}_t \text{ Atacadao}_{\text{Covid 19}} = 0,0001 + 0,6570 \widehat{h}_{t-1} + (-0,1443 + 1,1299) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (50)$$

$$\widehat{h}_t \text{ Atacadao} = 0,0000 + 0,6570 \widehat{h}_{t-1} + (-0,1443) \widehat{u}_{t-1}^2 \quad (51)$$

Los resultados presentados cuantifican la transmisión de volatilidad de la pandemia COVID-19 a las acciones de empresas de Sudamérica, México y Estados Unidos.

Figura 2

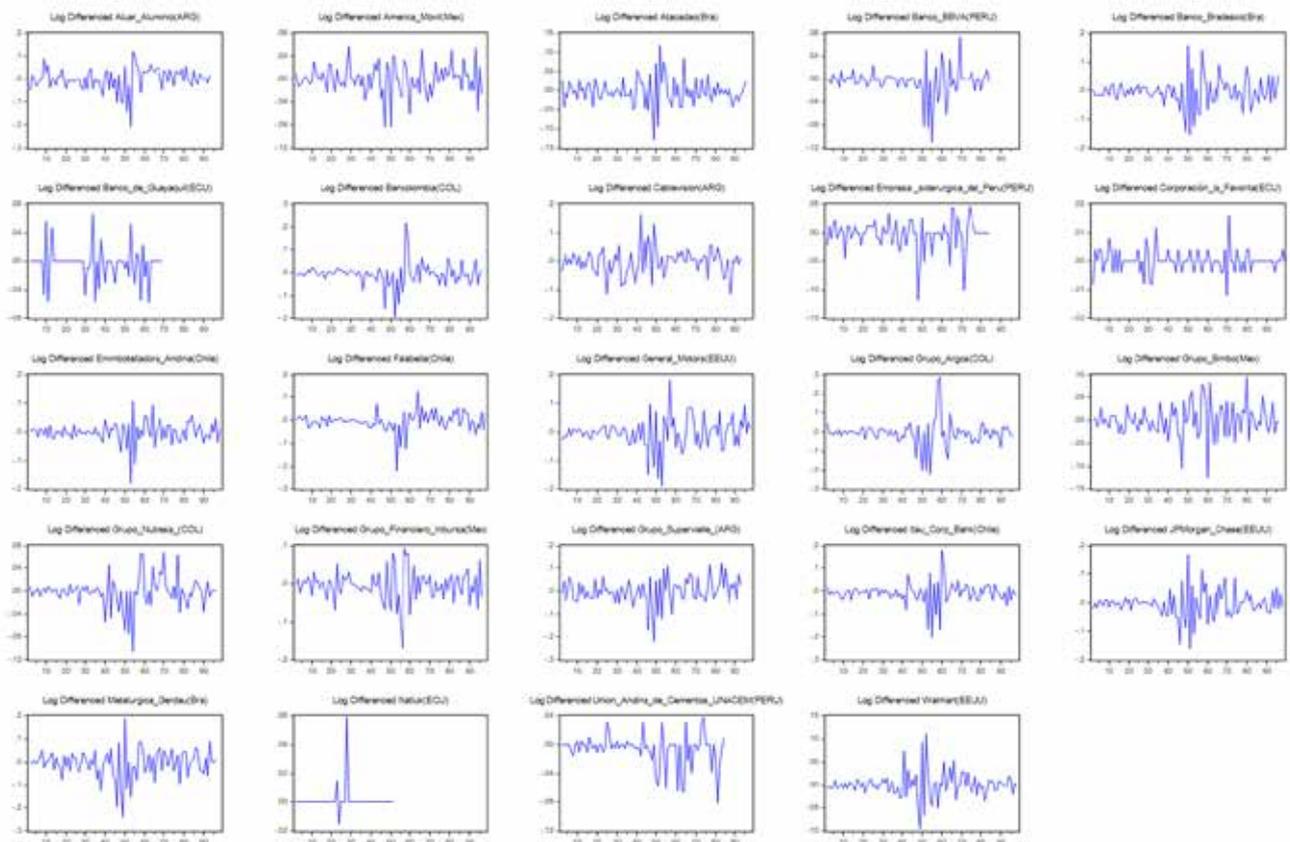
Evolución de precios de las acciones de Sudamérica, México y Estados Unidos



Notas. La figura muestra la evolución de precios entre el 5 de enero hasta el 20 de mayo de 2020. El estudio considera el análisis de las acciones con mayor presencia bursátil de cada sector de los países que se mencionan a continuación. Estados Unidos: JPMorgan Chase, Walmart, General Motors; Ecuador: Banco de Guayaquil, Corporación la Favorita, Natluk; Perú: Banco BBVA, Empresa Siderúrgica del Perú, Unión Andina de Cementos; Colombia: Bancolombia, Grupo Argos, Grupo Nutresa; Argentina: Grupo Supervielle, Cablevisión, Aluar Aluminio; Chile: Banco Itaú, Falabella, Embotelladora Andina; México: Grupo Financiero Inbursa, Grupo Bimbo, América móvil; Brasil: Banco Bradesco, Metalúrgica Gerdau, Atacadao. Fuente: obtenidas de las bolsas de valores de cada país. Elaboración propia.

Figura 3

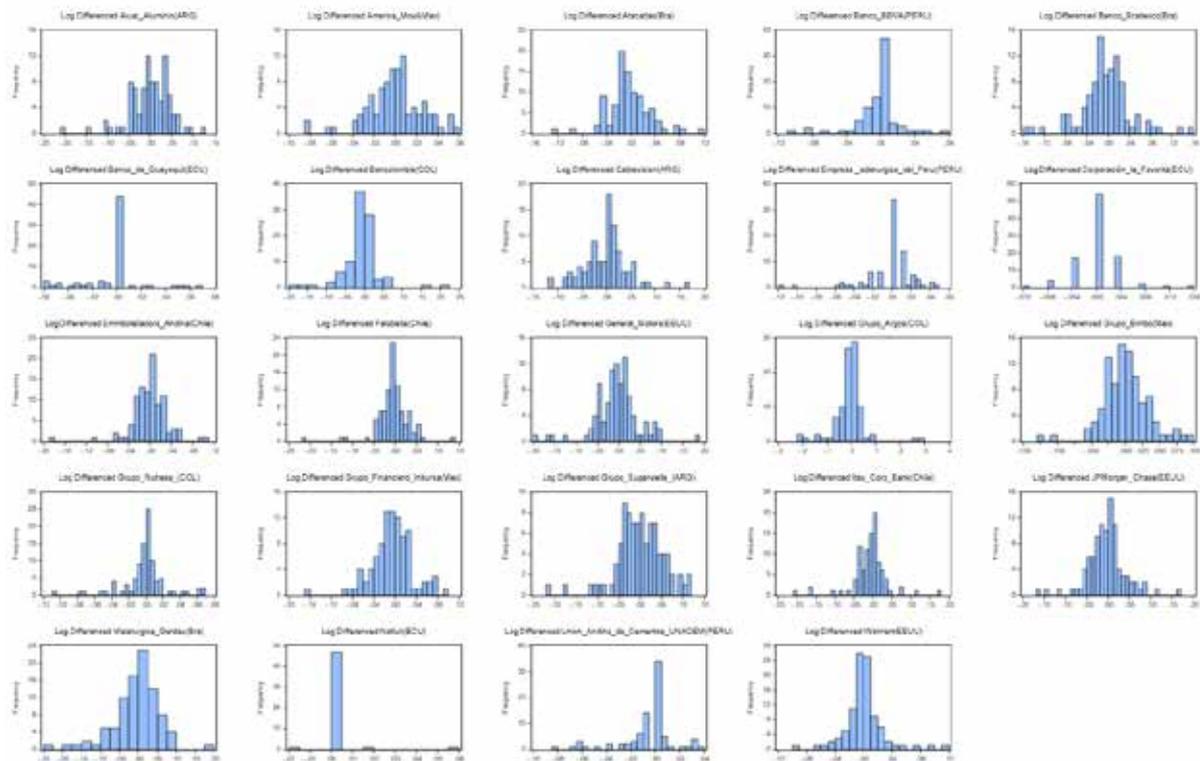
Rendimiento diario de las acciones de Sudamérica, México y Estados Unidos



Notas. La figura muestra el rendimiento diario de las acciones entre el 5 de enero hasta el 20 de mayo de 2020. El estudio considera el análisis de las acciones con mayor presencia bursátil de cada sector de los países que se mencionan a continuación. Estados Unidos: JPMorgan Chase, Walmart, General Motors; Ecuador: Banco de Guayaquil, Corporación la Favorita, Natluc; Perú: Banco BBVA, Empresa Siderúrgica del Perú, Unión Andina de Cementos; Colombia: Bancolombia, Grupo Argos, Grupo Nutresa; Argentina: Grupo Supervielle, Cablevisión, Aluar Aluminio; Chile: Banco Itaú, Falabella, Embotelladora Andina; México: Grupo Financiero Inbursa, Grupo Bimbo, América móvil; Brasil: Banco Bradesco, Metalúrgica Gerdau, Atacadao. Fuente: obtenidas de las bolsas de valores de cada país. Elaboración propia.

Figura 4

Distribución de frecuencia de las acciones de Sudamérica, México y Estados Unidos



Notas. Representación gráfica de los intervalos en el eje X y las frecuencias relativas en el eje Y. La figura muestra la distribución de frecuencia de las acciones en el periodo comprendido entre el 5 de enero hasta el 20 de mayo de 2020. El estudio considera el análisis de *n* acciones con mayor presencia bursátil de cada sector de los países que se mencionan a continuación. Estados Unidos: JPMorgan Chase, Walmart, General Motors; Ecuador: Banco de Guayaquil, Corporación la Favorita, Natluk; Perú: Banco BBVA, Empresa Siderúrgica del Perú, Unión Andina de Cementos; Colombia: Bancolombia, Grupo Argos, Grupo Nutresa; Argentina: Grupo Supervielle, Cablevisión, Aluar Aluminio; Chile: Banco Itaú, Falabella, Embotelladora Andina; México: Grupo Financiero Inbursa, Grupo Bimbo, América móvil; Brasil: Banco Bradesco, Metalúrgica Gerdau, Atacadao. Fuente: obtenidas de las bolsas de valores de cada país. Elaboración propia.

Tabla 9

Pruebas de raíz unitaria

Método	Estadístico	Prob**	Secciones cruzadas	Obs
Ho: proceso raíz unitario conjunto. Levin, Lin & Chu t*	-52.4277	0,0000	24	2149
Ho: proceso raíz unitario individual Im, Pesaran y Shin W-stat	-48.3182	0,0000	24	2149
ADF – Fisher Chi cuadrado	677.184	0,0000	24	2149
PP – Fisher Chi cuadrado	671.660	0,0000	24	2154

Notas. **Las probabilidades para las pruebas de Fisher se calculan utilizando una distribución asintótica de chi cuadrado. Todas las demás pruebas asumen normalidad asintótica. Se observa que el estadístico de prueba de Dickey–Fuller Aumentado en valor absoluto es 677.184, el estadístico PP con valor absoluto es 671.660 y el estadístico Pesaran y Shin con valor absoluto es de 48,3182, el p-value es menor al 5% de nivel de significancia lo cual conduce a rechazar la hipótesis nula, esto indica que las series utilizadas son estacionarias.



Percepción de los Roles de Pareja en lo Laboral y Doméstico como Resultado de las Diferencias de Género

Perception of Couple Roles in Work and Domestic Life as a Result of Gender Differences

Carla Fernández Solís¹ <https://orcid.org/0000-0002-7246-1901>
Gloria de Lourdes Solís² <https://orcid.org/0000-0002-6613-4912>
Mario Fernández Ronquillo² <https://orcid.org/0000-0002-3630-102x>

¹ Universidad ECOTEC, Ecuador
cfernandez@ecotec.edu.ec

² Universidad Estatal de Milagro, Milagro, Ecuador
gsolisb@unemi.edu.ec
mfernandezr@unemi.edu.ec

Enviado: 2021/04/07
Aceptado: 2021/06/14
Publicado: 2021/06/30

Resumen

Los roles de pareja, tanto en el área laboral como en la doméstica, son el resultado de la diferencia de género, y, en la actualidad, generan interés mundial debido a que esta diferenciación ha provocado un fenómeno discriminatorio y violencia de género en contra de la mujer. El propósito de este estudio consiste en realizar una revisión de literatura sobre estos temas y presentar los resultados de una investigación descriptiva que se llevó a cabo sobre los rasgos característicos de la relación entre parejas, como roles que desempeñan, actividades de mayor desenvolvimiento, cualidades y defectos y comportamientos en el ámbito laboral; y, con base en este análisis, se establecen recomendaciones que tiendan a disminuir los niveles de diferencia de género y dejan abiertas alternativas para investigaciones futuras.

Palabras clave: roles de pareja, diferencia de género, relación de pareja.

Abstract

Couple roles in the workplace and at home become the main factors that derive from gender difference and that currently generate worldwide interest due to the discriminatory phenomenon and the violence that occurs mainly against women. The purpose of this study is to carry out a literature review on these topics and present results of a descriptive research on characteristic features of the relationship between couples, such as roles they perform, most recurrent activities, qualities and defects,

Sumario: 1 Introducción, 2 Marco Teórico, 3 Metodología, 4 Resultados, 5 Discusión, 6 Conclusiones.

Como citar: Fernández, C., Solís, G., & Fernández, M. (2021). Percepción de los Roles de Pareja en lo Laboral y Doméstico como Resultante de la Diferencia de Género. *Revista Tecnológica - Espol*, 33(1), 126-136. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/815>

and behaviors in the workplace. Based on this analysis, recommendations are established with the intention to reduce levels of gender difference while generating alternatives for future research.

Keywords: couple roles, gender difference, couple relationship.

1. Introducción

La lucha por la igualdad de género y el reconocimiento de los derechos de las mujeres son fundamentales para generar cambios en los roles y estereotipos que han predominado dentro de las relaciones tradicionales de pareja, y que han establecido, a lo largo la historia, paradigmas difíciles de superar, como aquel que otorga al hombre una supremacía sobre la mujer. La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) considera la equidad de género como un asunto de derechos y una condición necesaria para garantizar la salud y el desarrollo de las familias y las sociedades, así como un motor esencial del crecimiento económico. Existen muchos factores que convierten el tema de la inequidad de género y la estigmatización de los roles dentro de las parejas en una problemática de gran relevancia, pues sus consecuencias repercuten en múltiples esferas de la vida social: bienestar, educación, salud, empleo y salario, entre otros (Klasen y Lamanna, 2009).

Específicamente, la CEPAL (2016) plantea como metas:

Poner fin a todas las formas de discriminación contra todas las mujeres y las niñas en todo el mundo”, “Eliminar todas las formas de violencia contra todas las mujeres y las niñas en los ámbitos público y privado, incluidas la trata y la explotación sexual y otros tipos de explotación” (p.31), así como “Asegurar la participación plena y efectiva de las mujeres y la igualdad de oportunidades de liderazgo a todos los niveles decisorios en la vida política, económica y pública”, entre otros. (p.32)

El presente informe académico ha realizado un diagnóstico situacional de los roles que desempeña la mujer en la vida de pareja, tanto en el área laboral como en la doméstica, a partir de criterios científicos y testimonios personales, que han permitido la caracterización de la desigualdad de género y su impacto en las relaciones de pareja. Por otro lado, se han propuesto algunas acciones de intervención psicosocial que coadyuven a la equidad de género en el marco de una distribución equitativa de los roles de pareja.

El levantamiento de la información se realizó en dos fases: la primera consistió en una revisión bibliográfica de los aportes de diversos autores sobre los temas relacionados con el presente estudio: roles de pareja, equidad de género, etc. En la segunda etapa, se recogieron y evaluaron datos cuantitativos, que permitieron describir de modo detallado los aspectos relevantes de esta problemática en la vida cotidiana y los roles que cumplen hombres y mujeres dentro de ella. Las encuestas para el diagnóstico se aplicaron a un total de 1200 personas (695 mujeres y 505 hombres) provenientes de sectores periféricos de la ciudad de Milagro-Ecuador. Los resultados mostraron, desde una perspectiva de género, la división de roles dentro de las relaciones de pareja, las actividades domésticas y actividades en general; los niveles de libertad en la vida personal y en la toma de decisiones dentro de la pareja; asimismo, se pudo caracterizar las preferencias laborales y sus condiciones de acuerdo con el género.

2. Marco Teórico

Alcanzar una mayor y real participación de la mujer depende de la aplicación de nuevos enfoques y conocimientos que permitan entender las formas de insertarse de estas en sus respectivos contextos geográfico y sociales. Las políticas públicas, derivadas de estas nuevas comprensiones, solo podrán ser efectivas en la medida, en que puedan influir sobre la sociedad civil y sobre quienes toman las decisiones. Solo así se podrá alcanzar la equidad de género que permita reducir los niveles de discriminación hacia la mujer (Molina et al., 2017).

La UNESCO define la igualdad de género como “la igualdad de derechos, responsabilidades y oportunidades de las mujeres y los hombres, y las niñas y los niños” (2015). Según el estudio de Moral de la Rubia et al. (2011), el patrón de agresor activo consiste en ejercer violencia hacia la pareja, aunque, en ocasiones, se aparente querer evitar el conflicto. Al mismo tiempo, la persona agredida reacciona con mayor violencia cuanto más pasivo se muestra el agresor durante el conflicto. El estudio en mención, que también presenta sugerencias de terapia, advierte que el modelo es válido para ambos géneros, aunque posee más potencia explicativa para el comportamiento masculino.

Es importante tomar en cuenta que las relaciones de género, como todas las relaciones sociales, son múltiples: representan ideas, valores e identidades; asignan roles para diferentes tareas, actividades y dominios; determinan la distribución de los recursos y asignan autoridad, agencia y poder en la toma de decisiones. Estas características determinan que las desigualdades de género sean multidimensionales y no puedan reducirse a un conjunto único y universalmente acordado de prevalencias (Kabeer, 2005).

Aunque los debates y diálogos públicos en torno al tema se han ido ampliando y profundizando, aún no se puede afirmar que los países tengan una política definida para combatir y prevenir la violencia de género en todas sus formas. Pese a las limitaciones que aún existen, es evidente que en la última década se ha logrado una mayor sensibilización y concientización social sobre los problemas que enfrentan las mujeres; un reflejo de esto es la relevancia que ha adquirido el tema de la violencia de género –en especial, en el ámbito internacional– y las actividades que se han llevado a cabo en los países (Rico, 1996). Por otro lado, el desafío de aumentar el crecimiento económico de un país está relacionado en gran medida, como lo sugieren Klasen y Lamanna (2009), con la necesidad de incorporar a las mujeres dentro de la población económicamente activa; estos argumentan que la exclusión de las mujeres de ámbitos como la educación y el empleo no sólo perjudican a estas, sino también a la sociedad en su conjunto.

Si bien en los últimos años se han generado distintos instrumentos que reconocen los derechos individuales y colectivos encaminados a eliminar la discriminación de género, por un lado, y la discriminación étnico-racial, por otro, los avances en relación con la atención a las intersecciones entre ambos tipos de discriminación siguen siendo incipientes e insuficientes; esto se puede constatar en la evidente “feminización y etnización” de la pobreza en Latinoamérica y el Caribe, caracterizadas por una mayor incidencia de la desigualdad sobre la vida de las mujeres pertenecientes a pueblos indígenas o afrodescendientes (Rodríguez e Iturmendi, 2013).

Sin embargo, el interés académico, político y social por comprender la situación de las mujeres latinoamericanas y, en un sentido más concreto, por iluminar la incidencia que han generado estos conocimientos y recursos en sus propias vidas es relativamente reciente (Bonder, 2004). En efecto, los llamados Estudios de la Mujer y, más recientemente, la utilización de la categoría de género en la investigación y la educación emergen hace unos 20 años, mientras que su impacto en las políticas públicas solo se evidenció en la década de los 90. Estas temáticas siguen vigentes en la actualidad, aunque sus enfoques teóricos se han complejizado, provocando un incremento notable en el conocimiento sobre estos asuntos, así como la presencia de cada vez un mayor número de especialistas o, mejor dicho, de “constructores” de este campo de conocimientos.

Contreras et al. (2012) describen la situación actual de la mujer en el mundo laboral y analizan las circunstancias que le han impedido alcanzar altas posiciones en las compañías. El núcleo de la discusión de la investigación giró en torno a las barreras del liderazgo femenino y los medios en cómo estas pueden ser superadas a través del reconocimiento de las diferencias. Estos autores argumentan que el principal problema relacionado con la inequidad de género en la participación en cargos de alta gerencia se debe, principalmente, a los estereotipos que se construyen alrededor de lo femenino, los cuales suelen ser contrarios a los roles de liderazgo aceptados por la mayoría de las culturas; asimismo, resaltan la necesidad de que las mujeres ejerzan el liderazgo desde sus propias características, en vez de imitar el tradicional rol de liderazgo masculino.

Fassler (2007) realiza una breve descripción de la situación de las mujeres en el mundo, mostrando, a través de algunas cifras, la discriminación a la que son sometidas por el hecho de ser mujeres. Luego, bajo la premisa de que el desarrollo implica contextos económicos, sociales, culturales y políticos que promuevan la equidad y la libertad individual y colectiva, revisa las modalidades conceptuales y estratégicas en que las mujeres han sido incluidas en el discurso del desarrollo. Destaca que la participación social y política de las mujeres ha sido y es considerada como una estrategia central en la construcción de la equidad de género y en la profundización de la democracia; además, analiza algunas de las dificultades y los límites que poseen las mujeres para ejercer una plena participación dentro de la sociedad, y, finalmente, plantea algunos de los desafíos en el presente para avanzar en la construcción y ejercicio de una auténtica ciudadanía.

Estrada et al. (2016), a partir de la revisión de literatura sobre los obstáculos y las limitaciones derivados de la socialización incidente en el desarrollo personal y profesional de la mujer, describen y analizan los factores socioculturales que influyen en la construcción de estereotipos en torno a la mujer y en el apareamiento de limitaciones que la rodean en los contextos laborales. Después de un recorrido histórico sobre los esfuerzos realizados de la sociedad para romper el “techo de cristal”—metáfora utilizada para describir las limitaciones que la mujer posee para avanzar y desarrollarse en el ámbito profesional—estos autores advierten sobre la necesidad de establecer políticas transversales desde una visión sistémica u holística. La formación y educación sobre el tema de género, no solo debe incluir a la familia o a las escuelas, también es necesario se extienda en a todos los ámbitos profesionales y a los propios funcionarios públicos encargados de velar por los derechos, con el fin de desterrar las condiciones estructurales de desigualdad e inequidad.

Nieto (1998), Murray y Roscoe (2001) y Perez Guirao (2013) defienden un sistema binario para la distinción sexual y genérica, a pesar de que hace algunos años esta aproximación dual ha sido cuestionada. Y lo hacen porque, para estos autores, tanto los hombres como los niños también son víctimas de la violencia de género, por ejemplo, en lo relacionado con la violencia sexual o los ataques de índole homofóbico.

Por otro lado, a lo largo del tiempo, muchas mujeres a nivel mundial han sido afectadas por la violencia, sin que medie en ello ninguna distinción socioeconómica, religiosa o cultural (Neria, 2016; Fabían et al., 2019). A propósito de este fenómeno generalizado, Nava-Navarra et al., (2017) afirman que la violencia contra la mujer se manifiesta a través de agresiones físicas, abusos sexuales y, en general, maltratos emocionales. Las mujeres que usualmente sufren maltrato por parte de su pareja caen en estados depresivos, generando elevados índices de ansiedad y miedos, que terminan afectando su relación con la familia y el entorno en que conviven. Esto sitúa a las mujeres en posiciones inferiores en relación con los hombres, lo que atenta contra su derecho a recibir un trato igualitario y equitativo, así como obstaculiza sus oportunidades de crecimiento y desarrollo social.

Asimismo, la educación y los procesos de socialización que experimentan ambos sexos da lugar a dos modelos psicosociales que, en última instancia, pretenden legitimar la asimetría de poderes bajo el formato de las figuras del dominador y la sumisa. Las construcciones ideológicas y simbólicas transmitidas por la sociedad, a través de los distintos agentes, perpetúan una lógica que se asienta sobre la dominación masculina. Se trata de un ideario que representa la figura de la mujer como un ser malo, dominado por las pasiones, débil, embaucador, inmoral e incompetente, y la figura masculina como símbolo de fuerza, sensatez y racionalidad (Aragón, 2015, p. 311).

La idea de que la mujer representa el “sexo débil” está generalizada dentro de la sociedad, debido a que se le atribuye como cualidades naturales la empatía y la capacidad de expresar afecto. Esta supuesta superioridad del hombre se fundamenta en una ideología patriarcal que valora de forma desigual las cualidades y los atributos, tanto del hombre como de la mujer, así como otorga más valor a la fuerza física masculina (Sambade, 2010).

Bourdieu (2000), Godelier (1997) y Hérítier (2007) han aportado a desmontar aquel discurso proveniente de las Ciencias Sociales que se ha empeñado en reforzar la concepción de la masculinidad dominante, al insistir en estructuras de significación cultural tradicionales, en diferenciar los cuerpos,

en la exaltación del miembro viril del hombre como representación de poder; todo ello con el fin de ratificar la supuesta legitimidad que tendrían los varones para administrar el espacio público.

En este sentido, Aragón (2018) afirma que las relaciones de afecto entre el hombre y la mujer se manifiestan de manera diferente, que no responden a razones biológicas, sino a la forma en que han sido educadas. Además, en la estructura social y en sus instituciones se asienta la violencia de género, y no en las características particulares de quien agrede ni de quien es agredido. En estas estructuras sociales e institucionales existe una imposición de categorías cognitivas que legitiman el sexismo y los esquemas mentales que se asumen sin capacidad de crítica por parte de quienes viven en una situación de desventaja y desigualdad, lo que no les permite visibilizar su situación de dominación, sino, por el contrario, reproducirla, por ejemplo, en los roles de pareja.

3. Metodología

Con la finalidad de facilitar la ejecución de la investigación, la metodología se dividió en dos fases claramente definidas:

Fase 1: Análisis de criterios científicos

En el desarrollo de esta etapa se analizaron los diferentes aportes científicos sobre la situación de la mujer en los diferentes campos de la vida social y laboral. Para ello, se trabajó en la caracterización de los roles que desempeña esta, así como su posición frente a la figura masculina. En este capítulo se presentan los modelos explicativos que describen la génesis de esta problemática a través de varias perspectivas pluricausales. La intención ha sido indagar en estas diferencias, desde una perspectiva histórica, en los ámbitos de la cultura, el entorno social, los conflictos emocionales, las relaciones de poder. Esto ha permitido identificar los principales factores que han generado la diferencia en los roles de la mujer y los estresores externos, que, a su vez, han facilitado la elaboración de un estudio descriptivo y explicativo de los patrones de interacción y comunicación dentro de la pareja.

Fase 2: Diagnóstico situacional con enfoque cuantitativo

En esta segunda fase se ha aplicado una investigación descriptiva, que consiste en caracterizar fenómenos, situaciones, contextos y sucesos, es decir, determinar su naturaleza y sus modos de manifestarse. La aplicación de esta metodología también ha permitido especificar las propiedades, las características y los perfiles de las personas estudiadas; cabe aclarar que la medición de estos indicadores se realizó a partir de la recopilación de información individual o grupal acerca de los conceptos o las variables que se indagan (Hernández Sampieri et al., 2016). Además, se aplicó un diseño explicativo que permite realizar comparaciones entre los diferentes aspectos, según las respuestas por género, para establecer los puntos de vista y los criterios que emiten según su perspectiva tanto los hombres como las mujeres.

En esta fase se realizó, en las zonas periféricas de la ciudad de Milagro, el diagnóstico situacional a través de encuestas, con el fin de conocer los roles que desempeñan tanto hombres como mujeres en sus relaciones de pareja. La muestra, del tipo no probabilística por conveniencia, incluyó 1200 personas (695 mujeres, 505 hombres), a cuyas viviendas se tuvo un fácil acceso. El instrumento de evaluación consistió en un cuestionario conformado de 92 preguntas, y se aplicó a los habitantes de 10 ciudadelas pertenecientes al cantón Milagro. Las preguntas estuvieron distribuidas en dos grupos, según los parámetros establecidos para el análisis correspondiente de la participación por género en la vida cotidiana: personal y laboral. La primera agrupación expuso los siguientes indicadores: 1) Roles que cumplen los hombres y las mujeres; 2) Situación de libertad personal; 3) Situación para la toma de decisiones; 4) Actividades del hogar; 5) Relaciones de pareja. En la segunda agrupación los indicadores estuvieron organizados de la siguiente forma: 1) Actividades de mayor desenvolvimiento; 2) Cualidades/defectos; 3) Preferencia laboral.

4. Resultados

Los resultados se presentan en tres ámbitos: 1) Aspectos generales; 2) Según la primera agrupación; 3) De acuerdo con la segunda agrupación.

Aspectos generales

Como se muestra en la Tabla 1, para la encuesta se consideró una población conformada por personas de diferentes edades. El grupo de menor edad correspondió a los adultos-jóvenes, cuyas edades se establecieron entre 20 a 30 años, y representaron el 56 % de los encuestados. El 25 % de los encuestados correspondió a las personas entre 31 a 40 años, y el resto, que representó el 19 % de los encuestados, se ubicaron en edades entre los 41 a 45 años. Por otro lado, los encuestados solteros fue el grupo de mayor participación dentro de la encuesta, con el 35%; seguidos por los casados, con el 37 %; y, finalmente, el 28 % restante, perteneciente a los que viven en unión libre (23 %), los divorciados (4 %) y los viudos (1 %).

Tabla 1

Población encuestada distribuida por estado civil, sexo y rango de edades

EDAD/SEXO	ESTADO CIVIL					Total general
	CASADO	DIVORCIADO	SOLTERO	UNIÓN LIBRE	VIUDO	
De 20 a 30	174	20	358	114	3	669
FEMENINO	95	18	201	84		398
MASCULINO	79	2	157	30	3	271
De 31 a 40	136	16	44	99		295
FEMENINO	63	10	30	50		153
MASCULINO	73	6	14	49		142
De 41 a 45	108	15	37	68	8	236
FEMENINO	52	11	32	43	6	144
MASCULINO	56	4	5	25	2	92
TOTAL	418	51	439	281	11	1200

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, en la Tabla 2 se observa que el 36 % de la población encuestada no terminó sus estudios universitarios, y entre esta, el 21 % corresponde a mujeres y el 15 %, a hombres. Por otro lado, el 15 % son profesionales; 9 % de estos, mujeres y el 6 %, hombres. Del total de encuestados, el 29 % culminó la secundaria, y el 8 %, no lo hizo. Además, un 10 % del total accedió al nivel de estudio primario, de los cuales 8 % la culminó y un 2 %, no la terminó. El restante 2 % tiene oficio y no contestó.

Tabla 2

Población encuestada distribuida por nivel de estudio y sexo

NIVEL DE ESTUDIO	SEXO		Total general
	FEMENINO	MASCULINO	
Primaria completa	56	41	97
Primaria incompleta	15	14	29
Secundaria completa	201	141	342
Secundaria incompleta	54	47	101
Universidad completa	107	69	176
Universidad incompleta	246	182	428
Taller de oficio	9	6	15
No contesta	7	5	12
Total	695	505	1200

Fuente: Elaboración propia

Rasgos de la primera agrupación

La Tabla 3 resume las opiniones de los encuestados a través de respuestas ordenadas según la escala Likert (siempre, casi siempre, algunas veces, nunca), y basados en aspectos considerados cotidianos en la relación de pareja: actividades que se realizan en conjunto y decisiones que se toman al interior del hogar.

Tabla 3

Porcentajes de cada género

Preguntas en relación con roles, libertad personal, toma de decisiones, actividades, relación de pareja	RESPUESTAS							
	SIEMPRE		CASI SIEMPRE		ALGUNAS VECES		NUNCA	
	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre
¿Una buena esposa debe obedecer a su esposo en todo lo que él ordene?	6,77%	19,79%	16,97%	22,38%	53,23%	39,80%	23,02%	18,01%
¿La mujer puede escoger a sus amistades, aunque a su esposo no le guste?	35,40%	28,51%	27,63%	25,95%	29,78%	30,49%	7,20%	15,04%
¿La mujer es libre de decidir si quiere trabajar?	68,20%	58,22%	16,26%	19,01%	12,22%	14,66%	3,32%	8,13%
¿El hombre es el responsable de todos los gastos de la familia?	25,04%	28,51%	26,76%	36,24%	33,10%	26,92%	15,11%	8,32%
¿La mujer tiene la misma capacidad que el hombre para ganar dinero?	73,38%	59,41%	12,66%	19,60%	10,65%	16,63%	3,32%	4,35%
¿La mujer está obligada a tener relaciones con su esposo en contra de su voluntad?	1,73%	2,78%	2,16%	2,57%	4,75%	7,13%	91,37%	87,52%
¿La responsabilidad de los hijos debe ser compartida si los dos trabajan?	68,34%	60,59%	17,40%	21,79%	10,93%	10,88%	3,32%	6,72%
Los padres deben direccionar la conducta, gustos y preferencias de sus hijos, ¿en función de su sexualidad?	44,46%	50,90%	24,31%	22,76%	17,13%	18,23%	14,11%	8,13%
¿Realiza actividades de recuperación y refuerzo con estudiantes que lo necesitan?	40,14%	31,89%	23,17%	29,51%	24,74%	27,52%	11,95%	11,10%
¿Es solo responsabilidad de la mujer las labores domésticas?	11,08%	13,26%	23,74%	21,98%	26,19%	32,08%	38,99%	32,67%
¿Cuándo la mujer no cumple con sus obligaciones, ¿el marido tiene derecho a agredirla verbal o psicológicamente?	1,43%	2,57%	2,88%	4,56%	2,73%	5,94%	92,94%	86,92%
¿La mujer cumple mejor el rol de ama de casa que el de profesional desempeñándose en algún trabajo?	14,81%	20,79%	23,02%	22,38%	26,47%	33,08%	35,69%	23,76%
¿Tanto los hombres como las mujeres deberían prepararse académicamente?	78,13%	70,88%	11,79%	12,67%	8,06%	14,26%	2,02%	2,19%
¿El hombre está más capacitado que la mujer para enfrentar los retos profesionales?	10,65%	28,11%	23,45%	25,54%	24,03%	28,32%	41,87%	18,01%

Fuente: Elaboración propia

Rasgos de la segunda agrupación

En esta agrupación, las Tablas Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6 muestran el porcentaje de participación que tienen las mujeres y los hombres en el contexto laboral, de acuerdo con los siguientes criterios: volumen de participación de acuerdo con el tipo de actividad; cualidades y defectos en el desempeño y las cualidades del rendimiento laboral.

En la Tabla 4 se ordenan porcentualmente las actividades o los roles que desempeñan las mujeres en comparación con los hombres. Estas actividades fueron seleccionadas según criterio profesional de expertos académicos conocedores del tema.

Tabla 4

Porcentajes de participación según principales actividades

ACTIVIDADES EN EL QUE MÁS SE DESENVUELVEN	PARTICIPACIÓN	
	Mujer	Hombre
Operadores de máquinas	8 %	92 %
Protección	12 %	88 %
Vendedores	13 %	87 %
Operadores de transporte	13 %	87 %
Agricultores	16 %	84 %
Supervisores	19 %	81 %
Comerciantes	23 %	77 %
Administradores	31 %	69 %
Empleados en servicio	34 %	66 %
Artesanos	35 %	65 %
Profesionales	48 %	52 %
Maestros	59 %	41 %

Fuente: Elaboración propia

El listado de cualidades y defectos que se detallan en la Tabla 5 fue proporcionado por los encuestados, de acuerdo con su criterio personal y la línea de comportamiento en el que desarrollan sus actividades cotidianas.

Tabla 5

Porcentajes de participación de acuerdo con cualidades y defectos

CUALIDADES/DEFECTOS DE MAYOR IDENTIFICACIÓN	PARTICIPACION	
	Mujer	Hombre
Dominantes	19%	81%
Calculadores	28%	72%
Desconfianza	32%	68%
Asumir riesgos	46%	54%
Profesionalismo	50%	50%
Racionalidad	59%	41%
Honestidad	66%	34%
Debilidad – sumisión	68%	32%
Estabilidad emocional	69%	31%
Intuición	74%	26%
Afectividad – Ternura	74%	26%
Gusto por las letras	83%	17%

Fuente: Elaboración propia

Los encuestados, de acuerdo con su experiencia laboral, seleccionaron los rasgos que se muestran en la Tabla 6. Cabe señalar que estos son los aspectos que más influyen en el entorno de trabajo en el que se desenvuelven.

Tabla 6

Porcentaje de participación en el ámbito laboral

CARACTERÍSTICAS LABORALES	PARTICIPACION	
	Mujer	Hombre
Resistencia física	8 %	92 %
Resistencia al estrés laboral	44 %	56 %
Disponibilidad de tiempo	48 %	52 %
Destreza	61 %	39 %
Características físicas	61 %	39 %
Ausentismo	63 %	37 %
Control emocional	63 %	37 %
Rendimiento intelectual	65 %	35 %
Disciplina	65 %	35 %
Responsabilidad	70 %	30 %
Buen trato a las personas	75 %	25 %
Creatividad	78 %	22 %

Fuente: Elaboración propia

5. Discusión

En las actividades laborales que desempeñan tanto hombres como mujer, solo en la de maestros, la mujer tiene una participación mayor: 59 %, frente al 41 % de hombres. Esta situación la reconocen Estrada et al. (2016), por lo que sugieren que, para afrontar esta desigualdad, se debe ampliar la formación y educación sobre el tema de género en todos los ámbitos, no solo dentro de la familia y las escuelas, sino también en el campo profesional y laboral.

Respecto a las cualidades y defectos de los hombres y mujeres, de acuerdo con las opiniones de los encuestados, los hombres demuestran, mayoritariamente, ser dominantes, calculadores y generan más desconfianza y asumen más riesgos; en cambio, las mujeres, más racionales, honestas, aunque también más débiles y sumisas. Asimismo, estas demuestran mayor estabilidad emocional, ser más intuitivas, afectivas y tiernas, así como poseer un gusto mayor por las letras.

Fassler (2007) muestra con cifras la discriminación a la que son sometidas las mujeres; también hace hincapié en cómo estas han participado y participan en el entorno social y político con miras a lograr la equidad de género.

En relación con los resultados de este estudio, cabe resaltar que las opiniones recabadas entre los encuestados sobre el desempeño de hombres y mujeres en el ámbito laboral evidencian que, por un lado, se le atribuye al hombre una mayor resistencia física, una mayor resistencia al estrés laboral y una mayor disponibilidad de tiempo. En cambio, a la mujer se le atribuye mayores destrezas para desempeñar su trabajo, mejores características físicas, menor ausentismo, mayor control emocional, mejor rendimiento intelectual, mayor disciplina, más responsabilidad, mejor trato hacia las personas y más creatividad. Esta valoración positiva sobre el desempeño laboral de las mujeres puede ser señal de que se están dando pasos en firme para alcanzar la equidad de género.

En cambio, los resultados obtenidos en el estudio sobre los roles de pareja, la toma de decisiones y la libertad individual dentro de estos revelan que la percepción es que los hombres poseen el control en las relaciones de pareja y una mayor capacidad de ejercer su libertad que las mujeres. Esto lo corrobora Aragón (2015), al afirmar que el hombre es quien domina en las relaciones de pareja y la mujer asume una postura de sumisión.

6. Conclusiones

La muestra de 1200 personas (695 mujeres y 505 hombres) que se tomó para este estudio es una muestra representativa, si se toma como referencia los 180.000 habitantes que viven en el cantón Milagro, actualmente. Además, en este sentido, no se puede dejar de señalar que los rangos de edad de los encuestados oscilan entre los 20 y los 45 años, y, los de mayor número, entre los 20 a 30 años. En cuanto al número de encuestados, las mujeres llevan la delantera en este estudio; esto se debe, en cierta medida, por la relevancia que posee la mujer en los temas de equidad de género, sobre todo, en el ámbito doméstico.

Los resultados de este estudio confirman que la discriminación contra la mujer sigue vigente en algunos aspectos dentro de las relaciones de pareja y en la división de roles. Esta situación demanda de modo urgente una intervención integral en todos los niveles de la vida social: educación, economía, cultura y familia; todos espacios en los que, a lo largo de la historia, la mujer ha sido encasillada dentro de unos roles específicos, y que a la postre la han tornado dependiente y sumisa. Estamos frente a una lamentable realidad que exige la inmediata intervención de todos los actores de la sociedad desde una perspectiva de género.

La información recogida en los grupos de trabajo ha permitido obtener una valiosa perspectiva global acerca de las percepciones que la población estudiada tiene sobre los roles de género. En general, se puede constatar que en el grupo estudiado existe una tendencia favorable a la no discriminación por razones de género, al menos, en el discurso, aunque también, en menor medida, en los valores, actitudes, usos y costumbres sociales. Sin embargo, tampoco se puede desconocer que continúan existiendo ámbitos y contextos sociales, aunque soterrados pero extendidos más de lo que en principio se pudiera creer, en los que todavía perviven representaciones y prácticas discriminatorias y machistas.

Es hora de avanzar e inaugurar una nueva era que cultive, desde la familia, escuela y sociedad, un nuevo código de equidad basado en la igualdad entre hombres y mujeres. Solo con un cambio de estas proporciones se podría erradicar las brechas psicológicas de la violencia, opresión e injusticia social que enfrentan tantas mujeres. Esto demanda un enorme esfuerzo de toda la humanidad para reaprender el concepto de libertad y justicia. Asimismo, es indispensable profundizar más en el tema de equidad de género, identificando los índices de violencia, maltrato físico y psicológico que inciden en la familia. Por supuesto, también es necesario enfocar el tema desde la perspectiva masculina, es decir, evidenciar, desde otros enfoques, cómo la violencia de género también repercute negativamente sobre el mismo hombre.

Referencias

- Aragón, V. (2015). Consumir mujeres: prostitución, sociedad patriarcal y modelos discursivos en perspectiva sociológica. *Cuestiones de género: de la igualdad a la diferencia*, 10, 306-330. <http://revpubli.unileon.es/ojs/index.php/cuestionesdegenero/article/view/1229>

- Aragón, V. (2018). Luces y acción de la violencia de género contra las mujeres. *Revista Iberoamericana de Comunicación*, (35), 171-198.
- Bonder, G. (2004). "Equidad de género en ciencia y tecnología en América Latina: Bases y Proyecciones en la Construcción de Conocimientos, Agendas e Institucionalidades". Cátedra Regional Unesco. Mujer, ciencia y tecnología, Unesco.
- Bourdieu, P. (2000). *La dominación masculina*. Barcelona: Editorial Anagrama.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe-CEPAL. (2016). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible - Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Santiago: Naciones Unidas.
- Contreras Torres, F., Pedraza Ortiz, J., y Mejía Restrepo, X. (2012). "La mujer y el liderazgo empresarial". *Revista Diversitas-Perspectivas en Psicología*, 8(1),183-194.
- Estrada Rodríguez, J., Mendieta Ramírez, A., González Vidaña, B. (2016). "Perspectiva de género en México: Análisis de los obstáculos y limitaciones". *OPCIÓN*, 32(13), 12-36.
- Fabián, E., Vilcas, L. M., & Alberto, Y. (2019). Factores de riesgo de violencia a la mujer de parte del cónyuge. *Socialium*, 3(1), 69-96.
- Fassler, C. (2007). "Desarrollo y participación política de las mujeres". En publicación: Repensar la teoría del desarrollo en un contexto de globalización. Homenaje a Celso Furtado. Vidal, Gregorio; Guillén R., Arturo. http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/edicion/vidal_guillen/22Fassler.pdf
- Godelier, M. (1997). Simbólica del cuerpo, orden social y lógica de poder. En Marie-Odile, M. (Eds.) *Simbólicas* (17-37), México: Plaza y Valdés, S. A. de C. V.-CONACYT.
- Héritier, F. (2007), *Masculino / Femenino II: Disolver la jerarquía*, México: FCE.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2016). *Metodología de la investigación*. México: Editorial Mc Graw Hill.
- Kabeer, N., (2005). "Gender equality and women's empowerment: a critical analysis of the third Millennium Development Goal". *Gender and Development*, 13(1), 13-24.
- Klasen, S., y Lamanna, F. (2009). "The impact of gender inequality in education and employment on economic growth: new evidence for a panel of countries". *Feminist Economics*, 15(3), 91-132.
- Molina, B., Pedroza P., De La Hoz, R., y Suarez, R., (2017). "Participación de la mujer colombiana como protagonista en la democracia de América Latina". *OPCIÓN*, 33(82), 190-213.
- Moral de la Rubia, J., López Rosales, F., Díaz Loving, R., y Cienfuegos Martínez, Y. (2011). "Diferencias de género en afrontamiento y violencia en la pareja". *CES Psicología*, 4(2), 29-46.
- Murray, S. O., y Roscoe, W. (2001). *Boy-Wives and Female Husbands: Studies of African Homosexualities*. New York: Palgrave.
- Nava-Navarro, V., Onofre-Rodríguez, D., & Báez-Hernández, F. (2017). Autoestima, violencia de pareja y conducta sexual en mujeres indígenas. *Enfermería Universitaria*, 14(3), 162-169.
- Neria, Y. M. (2016). La violencia contra la mujer y la responsabilidad del estado. *Revista Gobierno y Gestión Pública*, 3(1), 38-49.
- Nieto, J. A. (1998). *Transexualidad, transgenerismo y cultura*. Madrid: Talasa.
- Pérez Guirao, F. J. (2013). Identidad y diversidad cultural. Una visión antropológica del género y la sexualidad. *RESED*, 2, 12-32.
- Rico, N., (1996). *Violencia de género: un problema de derechos humanos*. Santiago, Chile: CEPAL.
- Rodríguez E., Iturmendi, A. (2013). Igualdad de Género e Interculturalidad: Enfoques y estrategias para avanzar en el debate. Serie: "Atando cabos, Deshaciendo nudos". Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo/Centro Regional de Servicios (RBLAC/RSC PNUD).

Sambade, I. (28-30 de abril de 2010). *Cuerpo, masculinidad y violencia: un análisis filosófico sobre la función socializadora de los medios de comunicación de masas en las democracias occidentales*. [Discurso principal]. XLVII Congreso de Filosofía Joven: Filosofía y crisis a comienzos del s. XXI, Murcia, España. <http://congresos.um.es/filosofiajoven/filosofiajoven2010/paper/view/6901>

UNESCO (2015). “La violencia de género relacionada con la escuela impide el logro de la educación de calidad para todos”. *UNESDOC Biblioteca Digital*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000232369_spa



Smart UNL: un Concepto de Universidad Inteligente

Smart UNL: A Smart University Concept

Andy Vega¹ <https://orcid.org/0000-0003-0106-6880>
Kleber Morillo¹ <https://orcid.org/0000-0002-2839-3104>
Christian Campoverde¹ <https://orcid.org/0000-0002-1686-8299>
Luis Rodríguez¹ <https://orcid.org/0000-0003-3134-7157>

¹ Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

andy.vega@unl.edu.ec
kleber.morillo@unl.edu.ec
christian.campoverde@unl.edu.ec
luis.e.rodriiguez@unl.edu.ec

Enviado: 2021/03/05
Aceptado: 2021/06/15
Publicado: 2021/06/30

Resumen

Se exponen los argumentos para pensar en la evolución de la educación superior en consonancia con el desarrollo tecnológico, y se contextualiza el concepto de Modelo de Universidad Inteligente. El propósito de este artículo es presentar acciones que estructuren un entorno universitario inteligente para la Universidad Nacional de Loja (UNL), en el marco de sus ejes estratégicos, que definen y caracterizan el proyecto Smart UNL. Luego se propone una ruta que engloba los ámbitos de la gestión, administración, academia e investigación universitaria a partir de los ejes de gobierno y condiciones tecnológicas de la institución, con la finalidad de que la universidad pueda transitar hacia los sistemas inteligentes. Finalmente, se articula el modelo de universidad inteligente Smart UNL a una propuesta de arquitectura tecnológica para la gestión de información, con un sistema de datos abiertos que posibilite la investigación y el desarrollo de nuevos proyectos.

Palabras clave: universidad, inteligente, arquitectura, smart.

Abstract

The evolutionary arguments of higher education in the face of technology are evidenced and the concept of the Smart University Model is contextualized. The purpose of this article is to present actions that structure an intelligent university environment within the National University of Loja (UNL), evidencing its strategic axes that define and characterize the Smart UNL project developed in this academic entity. Then a route is proposed that encompasses the areas of university management, administration, academia and research based on the governance axes and technological conditions of the institution, so that the university can move on the way to intelligent systems. Finally, the UNL smart

Sumario: 1 Introducción, 2 Materiales y Métodos, 3 Resultados, 4 Conclusiones.

Como citar: Vega, A., Morillo, K., Campoverde, C., & Rodríguez, L. (2021). Smart UNL: un Concepto de Universidad Inteligente. *Revista Tecnológica - Espol*, 33(1), 137-149.
<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/813>

university model is articulated to a technological architecture proposal for information management using open data for research and development of new projects.

Keywords: University, smart, architecture, technology.

1. Introducción

La Universidad Nacional de Loja, con 160 años de historia, es la segunda institución de educación superior más antigua del Ecuador; ubicada en la región sur del país, actualmente, acoge a más de 10000 estudiantes, distribuidos en cinco facultades. El desarrollo inevitable de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) ha marcado un antes y un después en el cotidiano social; esto pese a que el estilo de vida diario de las personas en el Ecuador aún no se encuentra afectado de modo considerable por la presencia de la tecnología, si se compra con otros países desarrollados. Esto se evidencia, por ejemplo, en la ubicación que ocupa el Ecuador en el Índice Global de Innovación, elaborado por la compañía Bloomberg, y que establece una clasificación de los países más innovadores del mundo; dicho índice valora cuestiones como el registro de patentes, la inversión en educación o la productividad; son diez países que lideran este ranking, y nuestro país no aparece ni de cerca en los 50 primeros lugares (Jamrisko y Lu, 2020), lo que indica que aún los hábitos de vida, trabajo, movilidad, salud y educación en general aún no están integrados al desarrollo tecnológico. Como entidades universitarias, las aplicaciones digitales y los nuevos modos de flujo de información estimulan a repensar y buscar nuevos procesos de cambio y adaptación para impulsar el desarrollo social. En un campus universitario confluyen cientos de personas todos los días con diferentes requerimientos, por lo tanto, toda institución debe estar lista para brindar variados servicios a sus usuarios: matriculación de estudiantes; trámites académicos para docentes e investigadores; gestión de quintas; manejo de desperdicios; mantenimiento eléctrico e infraestructura, etc. Entonces, ¿por qué no trabajar para convertir dicho espacio en un campus inteligente, entendiendo por este término todo lo que engloba el concepto Smart? Para lograr dicha evolución, la UNL deberá propiciar cambios significativos en diversos campos, como, por ejemplo, en la actualización profesional del talento humano para alcanzar el desarrollo y la calidad en el servicio; además, se deberán implementar modelos de gestión modernos que incorporen formas de relación y participación entre los distintos actores implicados (alumnos, docentes y administrativos). Esto supondría para la institución contar con un nuevo paradigma de administración, control y gestión, enmarcado en los conceptos de Smart University. Para alcanzar un nuevo modelo de educación superior no solo se requeriría afrontar amplios desafíos y retos innumerables, sino que también se deberá mejorar la eficiencia de la Universidad bajo parámetros innovadores y de alta creatividad. Además, esto facilitaría a la institución incorporar niveles de competitividad que le permitan situarse en la vanguardia educativa. Por otro lado, es necesario incorporar nuevos procesos de formación, capaces de articular las nuevas exigencias sociales, culturales y educativas en consonancia con las nuevas tecnologías y el cuidado del medio ambiente. El presente trabajo ofrece una propuesta de acciones enmarcadas en el concepto Smart Campus que posibiliten a la Universidad Nacional de Loja incorporar sistemas inteligentes en la gestión administrativa, académica e investigativa; para ello, como primer paso, se indagó y evaluó experiencias de instituciones de educación superior que han desarrollado esta propuesta en los últimos años. Esta investigación previa permitió identificar como un elemento principal la oferta de servicios altamente tecnologizados –que se apoyen en el entorno y la necesidad institucional de acuerdo con las especificidades del campus e, incluso, de otros escenarios–; que permitan una mejor organización de los procesos internos y se traduzcan en una operación académica eficiente. Finalmente, incorporar una infraestructura de espacios y aulas inteligentes e innovadoras facilitará la relación entre administrativos, docentes y alumnos, a partir del desarrollo de *hardware* y *software* que operen de forma autónoma.

2. Materiales y Métodos

Para llevar a cabo el presente trabajo se investigó el escenario de la educación superior en términos generales, analizando su proceso evolutivo, destacando los momentos significativos en los que las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) han formado parte fundamental de su desarrollo. Posteriormente se efectuó una revisión bibliográfica de la mayor cantidad de literatura internacional (empresarial y académica) acerca de las Universidades Inteligentes o Smart University

para conocer sus conceptos, los parámetros que las definen y los criterios para evaluarlas. Con la ayuda de las experiencias recabadas de otros contextos académicos, en los cuales los conceptos y caminos hacia una universidad inteligente ya han sido abordados, se propusieron los ejes estructurantes y estratégicos que definen y caracterizan al proyecto Smart UNL. Luego, fue necesario analizar los elementos de *hardware* informático y de telecomunicaciones de la institución, como paso fundamental para desarrollar el concepto de Smart University. En esta fase, se realizó una identificación y revisión de estos recursos con el objetivo de articularlos con los ejes tecnológicos identificados. Finalmente, se vinculó una propuesta de arquitectura inteligente para gestión de la información a partir del uso de datos abiertos que posibiliten la investigación y el desarrollo de proyectos, de tal forma que funcionen de manera sinérgica en la construcción de nuevos sistemas para gestión, administración, desarrollo académico e investigativo dentro de la universidad.

La Evolución de las Tecnologías en la Educación Superior

El vertiginoso desarrollo de las TIC, iniciado a finales del siglo XX, influye de manera transversal en un amplio e incontable grupo de actividades sociales: la industria, el transporte, la salud y, sin duda, la educación. Esta evolución genera un nuevo paradigma de desarrollo en varias áreas disciplinares, por ejemplo, en el de la educación superior, en donde adquiere un protagonismo inédito respecto a sus estrategias de formación.

Por otra parte, la incursión de nuevas formas de economía, como la “economía en internet o web”, genera intensas transformaciones en los procesos de educación superior, lo que ha obligado a esta adoptar novedosas estrategias de gestión institucional y oferta académica variada y actualizada, todo en el marco de una formación académica de calidad.

De acuerdo con la Conferencia Mundial sobre la Educación Superior, llevada a cabo en el año 2009, los estudiantes deben asumir la responsabilidad de ser un participante activo en la apropiación del conocimiento, los valores y las habilidades necesarios para aprender a conocer, hacer, trabajar en equipo, así como a ser solidario, tomar decisiones, resolver problemas, etc. (Unesco, 1989). Asimismo, se recomienda crear nuevos entornos pedagógicos que incluyan servicios de educación a distancia, plataformas y sistemas virtuales de enseñanza superior, capaces de ofrecer una educación de alta calidad que contribuya al progreso social y económico, así como a la sostenibilidad y a la cobertura de las necesidades sociales más importantes (IESALAC, 1998). Además, la figura del maestro será ahora la del facilitador del aprendizaje, quien deberá ser percibido por los alumnos como un amigo, como alguien que los escucha y ayuda a desarrollarse para que adquieran destrezas y habilidades. (Unesco, 1998).

De acuerdo con Sangrá, A. (2001) son diferentes las respuestas que las universidades han dado a esta nueva realidad. Por ejemplo, en el año 2001 se clasificó y diferenció a la universidad según su grado de virtualidad, a partir de los siguientes criterios:

- a) Universidad virtual: concepto global e integral que suponen una realidad educativa universitaria totalmente virtual, tanto para los alumnos como para el personal docente e investigador.
- b) Campus virtual: el campus virtual es una metáfora de enseñanza, aprendizaje e investigación creado por la convergencia de las poderosas nuevas tecnologías de la información y la comunicación.
- c) Cursos on-line: se encuentran en un tercer estadio de concreción; se trata de una oferta directa de contenido, sin pretender establecer una relación de pertenencia con la institución que los ofrece.
- d) E-learning: puede definirse como “el uso de tecnologías basadas en internet, para proporcionar un amplio abanico de soluciones que aúnen adquisición de conocimiento y habilidades o capacidades”.

Además, se establecen diferentes criterios para alcanzar el sistema e-learning: 1) Que se realice en red; 2) Que se haga llegar al usuario final a través de un computador que utilice estándares tecnológicos de internet; 3) Que esté centrado en la más amplia visión de soluciones a los problemas de aprendizaje, que implica superar los paradigmas tradicionales de la formación.

Para la primera década del nuevo milenio, también aparecieron otras propuestas atractivas hacia la evolución de las tecnologías en la educación superior y que plantean un enfoque diferente a las antes mencionadas. Estos nuevos modelos bosquejan una propuesta de clasificación que tiene como criterio fundamental la complejidad y madurez de la incorporación de las TIC (Senescyt, 2018):

- Modelo de iniciación. Nivel básico que se caracteriza por ofrecer los apuntes de la clase presencial, mínimamente transformados, en la red. Generalmente no se ofrecen oportunidades para la interacción. Trata de utilizar las TIC e internet como apoyo en el aprendizaje y en la enseñanza, pero sin que se produzca un cambio de cultura ni de profesores ni de alumnos.
- Modelo estándar. Trata de utilizar activamente las ventajas ofrecidas por la tecnología para permitir un cierto grado de comunicación e interacción. Recursos electrónicos, tareas, guías, etc.
- Modelo evolucionado, introduce elementos complementarios para mejorar tanto el entorno como el aprendizaje: animaciones, clases pregrabadas y en vivo, etc.
- Modelo radical. Los tres anteriores tratan de adaptar el modelo de enseñanza tradicional, este, en cambio ignora el concepto de clases.

Esta breve descripción evidencia que el uso de las TIC en las universidades está aportando significativamente al proceso de enseñanza-aprendizaje, tanto en espacios regionales como nacionales o internacionales. Por ejemplo, el vertiginoso crecimiento de la Web 2.0 y 3.0 crea un nuevo escenario con distintas y ampliadas formas de aprender y de concebir el conocimiento, y, por lo tanto, de gestionar las instituciones educativas. Actualmente, la educación superior en el mundo se encuentra viviendo momentos inéditos provocados por los avances tecnológicos: matrículas 100 % en línea, trámites cero papeles y robustas plataformas de sistemas de gestión académica y administrativa, entre otros. Esto marca una diferencia importante con respecto a la inmovilidad que por décadas caracterizó a las universidades. Por otro lado, actualmente es necesario identificar las condiciones que impulsen el progreso y desarrollo de estas. La tecnología, el acceso a la información y el proceso de globalización deben aportar a este nuevo momento de la universidad. En el Ecuador existe un vertiginoso crecimiento de profesionales especialistas en tecnologías, lo que facilitaría transitar hacia ese nuevo escenario (Senescyt, 2018). A partir de las novedosas herramientas científicas que se han desarrollado en las últimas décadas, es posible buscar y experimentar nuevos procesos de acción dentro de las universidades, que influyan notablemente a un cambio de gestión, administración y educación. En este sentido, por ejemplo, la tecnología facilita el acceso abierto y permanente de contenidos, datos e información al estudiante, lo que garantiza un pertinente proceso de formación académica. Asimismo, la tecnología permite al docente acceder a proyectos internacionales de investigación que posibilitan el contacto con colegas de diferentes países e interesantes intercambios académicos. Esto genera una dinámica en red a partir de los flujos de contactos y proyectos que emergen a escala regional y global, dando mayor visibilidad y difusión a la institución y retroalimentando la producción de conocimiento.

La tecnología, el acceso a la información junto con la globalización constituyen los tres pilares que posibilitan la evolución del modelo universitario. Esto se evidencia, por ejemplo, en el crecimiento de la demanda en América latina y el Caribe (ALC) de los servicios educativos universitarios: el porcentaje de individuos entre los 18 y 24 años inscritos en la educación superior en ALC creció del 21 %, en 2000, al 40 %, en 2010. Esto pese a que la desigualdad en el acceso aún es notoria en esta región, aunque, por otro lado, se registran avances considerables en este rubro, en particular, entre grupos de ingreso bajo y medio. En 2000, el 50 % más pobre de la población representaba el 16 % de los alumnos de educación superior; en 2013, esta cifra creció al 25 %, aproximadamente. En términos generales, durante los últimos veinte años, la matrícula de educación superior en el mundo casi se duplicó, de 19

% al 38 %, entre 2000 y 2018. Sin embargo, sigue habiendo grandes diferencias entre las regiones (Ferreyra, Avitabile, Botero, Haimovich y Urzúa, 2017).

Sin duda, el escenario de evolución de la educación superior ha sido favorable en los últimos años, incluso, pese a que después del primer trimestre del año 2020 surgió la pandemia generada por el virus SARS-CoV-2 (COVID-19). El presente año de pandemia ha originado un impacto profundo en el desarrollo de la educación. Las universidades permanecen aún cerradas, y, en los momentos más críticos, se estima que 220 millones de estudiantes de educación superior se vieron afectados por los cierres de los centros educativos en todo el mundo, de los cuales 60 millones pertenecen a Latinoamérica. Además, cabe advertir que un porcentaje alto de ese 60 % corresponde a estudiantes provenientes de sectores pobres, que deben lidiar dentro de contextos socioeconómicos precarios y con sistemas de educación a distancia, en buena medida, improvisados. Las pérdidas educativas, probablemente, sean importantes, al igual que es posible que se agudicen las desigualdades y las deserciones dentro del sistema educativo. En este contexto, la educación superior en América Latina y el mundo deberá tomar un rol protagónico y relevante en los procesos de transformación social. Sin duda, se volverá esencial la capacidad de adaptación que tengan las universidades frente a las difíciles circunstancias presentes u otras similares que se puedan presentar en el futuro. Sobre todo, esta capacidad de adaptación tendrá especial importancia en ámbitos como los de la gestión institucional, administrativa, formación académica e investigativa, pues será fundamental ganar en eficiencia, competitividad, inclusión y calidad educativa, en un marco de apertura, flexibilidad, creatividad e innovación permanente (Centros de Estudio de la Educación Argentina, 2021).

La Universidad Inteligente, una comunidad que aprende

La presencia de las tecnologías electrónicas y el avance de las TIC en los sistemas educativos abren un abanico de posibilidades para promover nuevas estrategias de gestión eficiente dentro de las universidades. Por lo tanto, la necesidad de romper viejos paradigmas de educación e implementar nuevas herramientas de trabajo con características dinámicas, eficientes y tecnologías, en donde se evidencien procesos innovadores, es prioritario. El concepto “Smart Cities” o “Ciudades Inteligentes” gira en torno a mejorar la calidad de vida de las personas a partir de incorporar procesos eficientes en su cotidianidad, sin que el medioambiente se vea afectado. En este escenario, la automatización y el desarrollo tecnológico juegan un rol fundamental para tales fines. Según Tkchuck (2012), el concepto de Universidad Inteligente o Smart University se define como un “modelo organizacional que da respuesta a las nuevas necesidades de las instituciones educativas frente a un contexto de sociedad digital que se enmarca en la Era de la Información y el Conocimiento”.

La Universidad Inteligente deberá evidenciar un entorno académico cuya visión y operaciones se traduzcan en un campo integral y sistémico, donde cada actor, espacio o área se entrelacen de forma transparente en un trabajo sinérgico y coordinado a través del uso de tecnologías electrónicas, sistemas digitales, infraestructura de comunicación, *software* especializado, personal capacitado y calificado, con el único afán de establecer una gestión altamente eficiente.

El desarrollo de un modelo de Universidad Inteligente se refleja a partir de la creación de un ecosistema académico que da lugar a una institución universitaria integrada, basada en los siguientes factores:

- La innovación como eje de dinámicas operativas abiertas e interconectadas
- La aplicación de inteligencia colectiva con efectos multidisciplinares
- La universidad como nodo de un sistema integral, evolutivo, dinámico y acumulativo
- Mecanismos de coordinación y equilibrio entre tecnología y medioambiente en la vida universitaria
- Las TIC como herramientas principales que convalidan una gestión inteligente de la universidad (Tkchuck, 2012)

La inteligencia colectiva y su aprendizaje se basan en la interacción entre pares, y constituye una condición *sine qua non* que toda institución deberá aprender y poner en práctica para alcanzar niveles de gestión eficientes y trabajo en equipo, anteponiendo la ayuda recíproca a los intereses de reconocimiento personales. Con el fin de comprender los desafíos que tiene por delante el proceso de enseñanza-aprendizaje bajo este nuevo ecosistema académico, es oportuno distinguir las características de tres actores clave: alumnos, profesores y universidad. Los alumnos universitarios actuales se perciben a sí mismos multimediáticos, comprometidos y como miembros de comunidades digitales, así como con la capacidad de aprender dentro de un entorno académico digital compatible con las necesidades y formas de desempeño profesional futuro. En cuanto a los profesores, la tendencia es más diversa, pues se presentan entre ellos perfiles diferentes con respecto a su función docente. Para algunos, la experticia profesional supone ser la fuente primaria de conocimientos y experiencias para transmitir en el aula, en tanto que para otros la labor investigativa es el centro de sus estrategias de enseñanza, como generadores e impulsores de conocimientos. En ambos casos, puede concebirse a los docentes como facilitadores y transmisores estratégicos de conocimiento e información en la era de la información actual; este rol cobra mayor relevancia en relación con las prácticas de incorporación de contenidos específicos (Tkchuck, 2012). Por último, la universidad adquiere mayor protagonismo en el proceso de adquisición de conocimientos, pero de manera cada vez más coordinada con el resto de las instituciones y organizaciones educativas, dando lugar a una dinámica desde donde se generan retroalimentaciones y sinergias a partir de redes de conocimiento e intercambio.

Las nuevas formas de socialización exigen cambios en el ámbito del conocimiento y el aprendizaje desde el momento en que impactan sobre los paradigmas metodológicos. De alguna forma, el saber deja de ser un cuerpo estático de acceso único y rígido para dar paso a la apertura de nuevos canales de información, la experiencia y el conocimiento, lo que evidencia un marco de innovación disruptiva, de inteligencia colectiva, *design thinking* (pensamiento de diseño), de desarrollo de nuevas soluciones y formas de investigación (interconectada y en red) que incorporan la creatividad tecnológica con un enfoque social, ambiental y cultural. En otras palabras, estas nuevas formas de socialización, que expresan la dinámica propia de una Universidad Inteligente, demandan un ecosistema académico holístico e innovador que impacte transversalmente en todas las áreas institucionales de la universidad e involucre a cada uno de sus actores (Tkchuck, 2012).

Es importante destacar que la idea de “inteligencia” en las instituciones y, concretamente, en las universidades se vincula con el desarrollo de un entorno capaz de crear redes de cooperación e intercambio, así como de promover ideas fecundas que propicien un entorno capaz de valorar capacidades y esfuerzos de cada uno de los actores comprometidos con una visión innovadora de universidad. Bajo este modelo, aun cuando las TIC poseen especial protagonismo, no debemos dejar de considerar que constituyen sólo un medio que permite desarrollar dinámicas de sinergia dentro de la comunidad universitaria y otorgar el sustento necesario para los ejes y características que definen una Universidad Inteligente.

El concepto de Universidad Inteligente se funda sobre la idea de que las universidades son “organizaciones que aprenden”, ya que se conciben a sí mismas como espacios flexibles y creativos, con capacidad de adaptación a nuevos escenarios. En este sentido, el aprendizaje organizativo se vuelve el instrumento esencial que garantiza la supervivencia de cualquier organización en general y de las universidades en particular en el siglo XXI.

Cuando las transformaciones penetran el orden social conocido hasta entonces, se impone la necesidad de contar con un corpus específico de saberes y prácticas que convaliden la creación de un nuevo orden organizacional (Tkchuck, 2012).

Ejes estructurantes para un entorno universitario inteligente

1) *Economía*: consiste en redes inteligentes de trabajo e intercambio, desmaterialización de documentos, gestiones digitales, teletrabajo. Se vincula con una cultura que impulse el espíritu emprendedor profesional y personal.

2) *Movilidad*: se caracteriza por reestructurar las soluciones logísticas implicadas en el sistema universitario (tanto presencial como a distancia), incentivar el uso de la movilidad sustentable (bicicleta), brindar un servicio de transporte sustentable.

3) *Gobierno*: se caracteriza por mantener una política de datos abiertos (mayor transparencia), sistemas de seguridad inteligentes, ciudadanía universitaria digital (inteligente). Se vincula con la idea de que la toma de decisiones sea participativa y abierta mediante una gestión institucional transparente; la digitalización y modernización de los procesos de gestión son la condición para mejorar el vínculo entre la institución y la comunidad universitaria a través de dinámicas de acceso a la información.

4) *Calidad de Vida*: métricas inteligentes de energía, servicios específicos de salud y asistencia universitaria. Apunta a mejorar la calidad de vida a través de la integración cultural de los miembros de la comunidad universitaria.

5) *Medio ambiente sustentable*: las nuevas tecnologías pueden utilizarse para proteger y preservar los recursos naturales, reduciendo la contaminación y mejorando la protección ambiental. De ahí que se vuelve imprescindible alentar políticas que impulsen el cuidado del medio ambiente, así como incorporar innovaciones sustentables en la infraestructura universitaria: iluminación inteligente; (LED), gestión del agua y sistema de riego inteligentes; política de “basura cero”; uso de energías limpias y renovables, a fin de mejorar la eficiencia energética de la institución. Asimismo, será necesario promover el uso adecuado de los recursos naturales, las prácticas de reciclaje y de selección de residuos (orgánicos e inorgánicos).

6) *Ciudadanía*: educación e investigación a fin de contar con una población formada y capacitada en el dominio y manejo de las TIC para la vida universitaria; fomentar valores de autenticidad, cultura y felicidad, así como promover una conciencia y unas dinámicas globales sin perder los valores locales. Este elemento se vincula con la necesidad de formar una nueva visión en los actores universitarios, que promueva el gusto por el aprendizaje, la reflexión y el trabajo en equipo mediante redes sinérgicas de vinculación académica. Promueve el aprendizaje continuo e incentiva el desarrollo de proyectos de I+D+I+i (Tkchuck, 2012).

3. Resultados

El Concepto Smart UNL

En la Figura 1 se expone el concepto Smart UNL como una estructura simple y organizada, que, apoyada en tecnologías electrónicas de información y comunicación, conviven para garantizar el correcto desarrollo del quehacer universitario. Este concepto representa la inclusión de información relevante para la correcta y oportuna toma de decisiones, ya sea en aspectos administrativos, académicos, de investigación y vinculación, cuyos datos provienen de distintas fuentes, tanto ordenadas como no ordenadas; este concepto busca crear un entorno favorable para lograr mejoras sustanciales en la convivencia universitaria, haciendo uso intensivo de las tecnologías antes mencionadas. En este contexto, la incorporación de nuevos dispositivos permitirá instituir una integración e interacción de muchos actores al servicio de la institución y en beneficio de su comunidad.

Figura 1

Mapa de concepto Smart UNL



Ejes estratégicos que definen y caracterizan el proyecto Smart UNL

1) *Enlace*: este eje estratégico primordial permite integrar en una sola acción las diversas áreas y actores de la institución, con el objetivo de establecer espacios únicos de sinergia que permitan llevar una gestión eficiente a todas las funciones sustantivas de la universidad: educación inclusiva, innovadora y de calidad, investigación científica interdisciplinaria y pertinente, y, finalmente, vinculación social que promueva iniciativas en equipo desde un enfoque colaborativo para la producción de conocimiento y desarrollo comunitario.

2) *Empleo*: este eje estratégico establece la capacidad de brindar a los estudiantes una formación acorde a la realidad y necesidad laboral del entorno regional y nacional; con este objetivo, se proporciona al alumnado un perfil de formación y egreso emprendedor, creativo y ético.

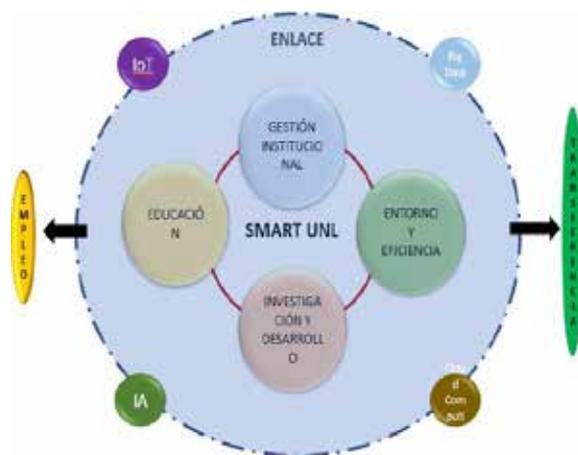
3) *Transferencia*: este eje estratégico apunta a la expansión, difusión y compartición de las buenas prácticas institucionales; además, cabe señalar que este eje considera a la innovación tecnológica, los nuevos conocimientos y las estrategias universitarias como insumos importantes dentro de la sociedad digital para contribuir a la resolución de problemáticas diversas, estrechando vínculos con otras instituciones, universidades y empresas.

Ejes de Gobierno de la UNL para espacios Inteligentes

En la Universidad Nacional de Loja (UNL) se están efectuando cambios en el modelo de gobierno del sistema educativo para el fortalecimiento institucional. Para ello, la mayoría de sus esfuerzos se han encaminado a la capacitación y actualización de su talento humano, sobre todo, haciendo énfasis en la eficacia y eficiencia de la administración y gestión universitaria. De esta forma, la UNL ha propuesto la creación de instrumentos normativos, de planificación y de gestión institucional, guiados por el Plan Estratégico de Desarrollo Institucional-PEDI 2019-2023. Dentro del Plan, la UNL incorpora procesos de autoevaluación y acreditación institucional como elementos clave para identificar las debilidades y fortalezas de los procesos educativos y de gestión. Esta información permitirá edificar una nueva universidad que esté fundamentada en una adecuada gestión académico-administrativa, ágil y que incorpore tecnologías adecuadas que le permitan cumplir con su visión. Ver Figura 2.

Figura 2

Ejes estratégicos + Smart UNL



En este sentido, la UNL apuesta por una concepción político-ideológica propia, pero alineada con el modelo de desarrollo del Ecuador, los postulados de convivencia mundial planteados por la Agenda 2030 y los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Sobre la concepción político-ideológica, la universidad se asienta en tres pilares pensados para la sostenibilidad institucional: i) Marco orientador institucional; ii) Capacidad institucional, y iii) Credibilidad institucional.

Dentro del marco orientador, la concepción político-ideológica de la UNL busca:

i) La excelencia académica con visión de futuro que se mantenga en sintonía con la evolución de la sociedad y la educación, adaptándose a la actual sociedad del conocimiento con sistemas educativos actualizados, TIC y redes para la libre circulación del conocimiento, reduciendo con ello la brecha cognitiva entre educación y desarrollo; ii) la investigación básica y aplicada con pertinencia para la solución de los problemas reales de la Región Sur del Ecuador y el aporte a la ciencia en la esfera nacional y global; y, iii), la vinculación con la sociedad con responsabilidad social para contribuir desde el accionar de la academia al mejoramiento de las condiciones y calidad de vida de las poblaciones más vulnerables.

En el marco de esta visión, la UNL solicita a todas las instancias universitarias de gestión académica y administrativa integrar en sus competencias, roles y funciones las estrategias, los indicadores y las acciones inclusivas que faciliten mejorar los procesos académicos, de investigación, de vinculación y de gestión administrativa. La Universidad está comprometida en desarrollar un nuevo modelo de gestión pública efectiva para lograr gobernabilidad y gobernanza, de tal manera que esto posibilite disminuir la brecha entre educación y desarrollo.

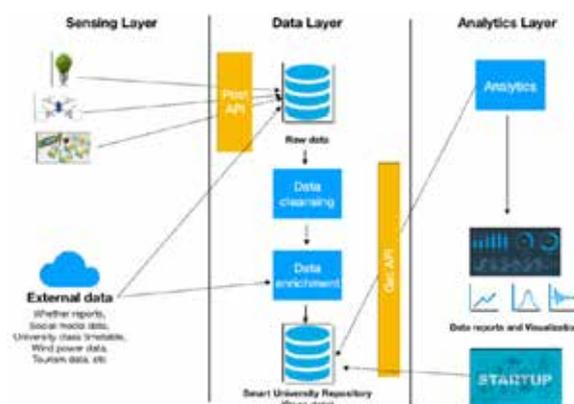
Dentro de sus políticas, la Universidad apunta a incrementar la investigación científica y, hacia afuera, contribuir a mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales, así como apoyar en el desarrollo de nuevas tecnologías, investigación e innovación, cumpliendo de este modo con el objetivo 9 de la ODS. Asimismo, se apunta a cumplir con el objetivo 17 de la ODS, mediante el mejoramiento de la cooperación regional e internacional en materia de ciencia, tecnología e innovación, y el acceso a estas.

Ejes tecnológicos de la UNL para espacios inteligentes

La imparable revolución IoT (*Internet of Things*) posibilita que cualquier dispositivo se conecte a través de la web: cámaras, sensores, detectores de movimiento, etc., lo que, a su vez, genera grandes volúmenes de datos que deben ser captados, estructurados y almacenados. Por ejemplo, los proyectos de investigación producen una enorme cantidad de información que deberán ser procesadas para convertirse en conocimiento útil en beneficio de la universidad y la sociedad en general. En este sentido, evidenciar el contexto tecnológico actual de la UNL es muy importante, ya que esto permitirá conocer las necesidades tecnológicas que requiere para convertirse en un Smart University; del mismo modo, permitirá identificar y establecer las acciones técnicas que promuevan el establecimiento de sistemas inteligentes con la finalidad de contar con una adecuada gestión administrativa, académica e investigativa. A través del proyecto de investigación Smart UNL, se ha logrado establecer una propuesta de arquitectura “Smart University” (Figura 3), encaminada a almacenar todos los datos generados procedentes de proyectos de investigación, actividades de gestión, acciones académicas, información bibliotecaria y de laboratorios, áreas IoT, etc. Una vez almacenada la información, esta también se podrá procesar, evaluar, visualizar y aplicar, dentro y fuera de la comunidad universitaria, para la ejecución de consultas, estudios, reportes, proyectos, patentes, etc. La arquitectura consta de tres capas fundamentalmente, que, para su interacción, se deben integrar a los tres ejes tecnológicos que la institución necesita para crear espacios inteligentes.

Figura 3

Arquitectura Smart University para la UNL



La relación entre la arquitectura propuesta y los ejes tecnológicos se fundamenta en los elementos siguientes:

1) *Telecomunicaciones y Sensing Layer*: la infraestructura de telecomunicaciones que permite brindar conectividad dentro y fuera de los predios universitarios se convierte en la vía de transporte e interacción de toda la información generada en la capa de extracción de datos (*Sensing Layer*), según la Arquitectura Smart University (Figura 3); la tecnología requerida transportaría ágilmente información generada por sensores, redes sociales, páginas web, datos que se hayan capturado manualmente y, luego, digitalizado en encuestas, entrevistas, registros físicos, etc.; esto aportaría con una gran cantidad de información para diferentes análisis y posteriores decisiones, lo que otorgaría mayor control y transparencia a la infraestructura de comunicación universitaria, facilitando de este modo el establecimiento de estrategias que garanticen la eficiencia y la sostenibilidad de cada facultad de la UNL, ya sean en los ámbitos de la movilidad, la energía, la gobernanza, la academia, la investigación o la unión de todas ellas. Como se manifestó en apartados anteriores, invariablemente, las TIC ocupan un lugar transversal en cualquiera de los escenarios que aspiran a convertirse en espacios inteligentes dentro de la universidad.

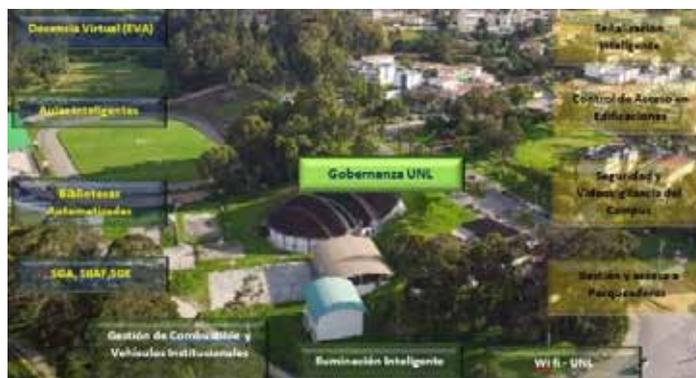
2) *Bases de datos (Data Layer)*: la necesidad de infraestructura de almacenamiento de información es primordial. Para ello, se requiere establecer los espacios para ubicar los servidores de bases de datos y adicionales. En la capa *Data Layer* se deberán almacenar todos los datos capturados de la capa *Sensing Layer*, específicamente, en un servidor de datos crudos; luego de ser almacenados estos pasan por un proceso de limpieza y, luego, por un proceso de enriquecimiento, si es necesario, para, finalmente, ser almacenados en otro servidor centralizado y global donde estará toda la información procesada. La información en este servidor operará con la filosofía Open Data.

3) *Software y herramientas Informáticas (Analytics Layer)*: este eje permitirá a la institución desarrollar los mecanismos informáticos más adecuados para la correcta interacción con la información proveniente de los diferentes puntos generadores de datos. Aunque, necesariamente, el *software* y las herramientas informáticas están asociadas a las capas anteriores, para el caso de la *Analytics Layer*, también estas permitirán la obtención de datos procesados del repositorio central para generar análisis, reportes, visualizaciones, animaciones, aplicaciones, etc. Al tener la información centralizada y disponible para toda la comunidad universitaria, los estudiantes, los profesores e, incluso, los aliados estratégicos podrán usar los datos procesados para generar nuevas ideas de negocios (*startups*, *Networking*, etc.); asimismo, los investigadores podrán generar mayor conocimiento (*connections*) y los administrativos podrán tener fácil y dinámico acceso a la información y a los sistemas institucionales.

La Figura 4 muestra el espectro de acción donde los ejes estratégicos de gobierno y tecnológicos, sustentados en una arquitectura Smart, aportan, interactúan y operan a través de una maniobra mancomunada para crear y brindar un entorno inteligente a la universidad.

Figura 4

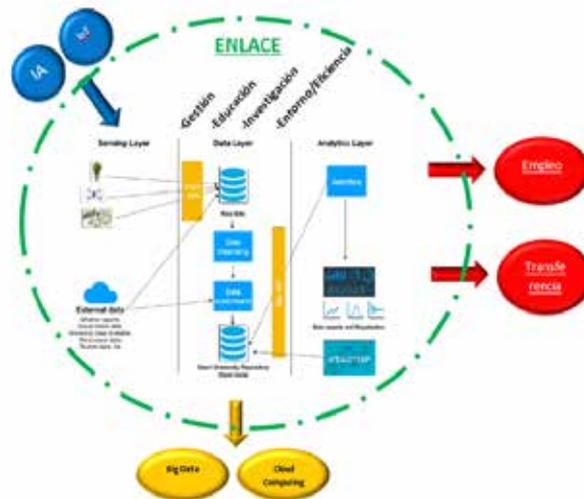
Resultado de transversalidad de Ejes estratégicos, de gobierno y tecnológicos para Smart UNL



Finalmente, en la Figura 5 se consolida la visión de todos los recursos expuestos en el documento, los mismos que, ya instaurados, permitirán el despliegue del concepto Smart UNL.

Figura 5

Operatividad de Ejes Estratégicos + Smart UNL + Arquitectura



4. Conclusiones

En la actualidad, alrededor del mundo, en las instituciones universitarias son escasos los proyectos vinculados al concepto Smart University, aunque los que se han planteado muestran un creciente posicionamiento como alternativa de excelencia para la gestión universitaria.

En el Ecuador, el concepto de universidad inteligente aún se muestra como un reto a ser asumido por las instituciones de educación superior; poco o nada se ha avanzado en esta línea; únicamente, la Escuela Politécnica del Litoral (ESPOL) ha dado algunos pasos al respecto. Por ejemplo, el trabajo de investigación *Operational framework proposal for ESPOL university 2.0 smart campus implementation* presenta una propuesta para transitar hacia futuros escenarios, integrando soluciones de TI, eficiencia, seguimiento y uso óptimo de recursos, departamentos de energía, etc.; todos definidos como divisiones abiertas que podrían conducir al campus politécnico a convertirse en una ciudad autónoma.

La Universidad Nacional de Loja, a través del *Proyecto Smart UNL*, pretende introducir en la institución los conceptos de universidad inteligente, y, para ello, como primer paso, planea aplicar el concepto de eficiencia energética en el área eléctrica de la universidad, que se traduce en la implementación de tecnología de iluminación inteligente y eficiente, además, en el establecimiento de acciones concretas para reducir el consumo energético de sus edificaciones, aportando así a la economía de la universidad y a la conservación del medio ambiente.

La evolución tecnológica hace que sea prácticamente imposible que las instituciones de educación superior no actúen en función de este desarrollo; sus prácticas académicas, de vinculación e investigación deberán avanzar junto con la tecnología.

La UNL, como principal institución pública en la Región 7 del Ecuador, requiere y precisa actualizar sus prácticas de gestión, administración y desarrollo basado en tecnologías para mantener un ritmo competitivo en la investigación y vinculación frente a otras entidades educativas.

La propuesta de arquitectura para gestión de la información, utilizando datos abiertos garantizados por el proyecto Smart UNL, puede significar el camino de la UNL hacia una universidad inteligente.

La institución cuenta con una red de comunicaciones actualizada; su infraestructura tecnológica de *software* y *hardware* es aplicable o adaptable a consideraciones de Smart University, por lo que la aplicación del concepto de Smart campus es viable para la UNL.

La innovación y transformación digital que trae consigo la tecnología 4.0 requiere un cambio en el ecosistema de las TIC que integre dispositivos móviles, tabletas o teléfonos inteligentes a las redes inalámbricas de alta velocidad y alto consumo de aplicaciones móviles. Esto permitirá transformar el entorno del usuario universitario hacia nuevas posibilidades que fortalezcan su formación profesional.

Referencias

- P. Pizarro. (2015). La evolución de la educación en Latinoamérica. *Identidad 21, Revista Digital Universidad Siglo 21*. <https://identidad.21.edu.ar/la-evolucion-de-la-educacion-en-latinoamerica/>
- C. Tkchuck. (2015) *La Universidad Inteligente: un nuevo paradigma de gestión institucional*. Argentina: Universidad Nacional de Quilmes.
http://libros.uvq.edu.ar/assets/libro3/la_universidad_inteligente_un_nuevo_paradigma_de_gestin_institucional.html
- M. Viñán, L. Jacome, L. Rodríguez, A. Vega, C. Campoverde. (2020). *Smart University: An architecture proposal for information management using Open Data for research projects*. Colombia: International Conference on Information Technology & Systems ICITS, 172-178.
- UTI. (2020). *Condiciones Tecnológicas y Conectividad a Internet*, UTI., Loja-Ecuador: Universidad Nacional de Loja,
- J. Sanchez, F. Macia, J. Berna, I. Lorenzo, A. Fuster. (2016). *Smart University: hacia una universidad más abierta*. Marcombo-España:
- V. Uskov, J. Bakken, R. Howlett, L. Jain. (2018). *Smart Universities: Concepts, Systems, and Technologies*. USA: Springer.
- M. Zapata. (2018). *La universidad inteligente* Archivo de la etiqueta: Smart universities.
<https://red.hypotheses.org/tag/smart-universities>
- M. Cață. (2015). *Smart university, a new concept in the Internet of Things*. IEEE 14th RoEduNet International Conference - Networking in Education and Research (RoEduNet NER), Romania.
- M. Jamrisko, W. Lu. (2020). *Germany Breaks Korea's Six-Year Streak as Most Innovative Nation*.
<https://skylineimmigration.com/germany-breaks-koreas-six-year-streak-innovative-nation/>
- Unesco. (1998). Declaración Mundial sobre la Educación Superior en el siglo XXI. IESALAC. (1989). Visión y Acción. *Educación Superior y Sociedad*, 9(2).
<https://www.iesalc.unesco.org/ess/index.php/ess3/issue/view/21>
- M. García, J. Reyes y G. Godínez. (2017). Las Tic en la educación superior, innovaciones y retos". *Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas: RICSH*, (612), 299-316.
- Sangrá, *Enseñar y aprender en la virtualidad*". *Educar*, (28), 117-131. Disponible en:
<https://raco.cat/index.php/Educar/article/view/20746/20586>
- Educación Superior, Ciencia, Tecnología, Innovación y Saberes Ancestrales. (2018). *Educación Superior, Ciencia, Tecnología, Innovación y Saberes Ancestrales en Cifras*.
https://www.educacionsuperior.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2019/01/00_Nacional_Educacion_Superior_en_Cifras_Diciembre_2018.pdf
- M. Ferreyra, C. Avitabile, J. Botero, F. Haimovich, S. Urzúa. (2017). *La educación superior en América Latina y el Caribe*. Washington: Banco Mundial.
<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/26489/2110140vSP.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Grupo Especial sobre Educación Superior y Sociedad. (2000). *La Educación Superior en los países en desarrollo: Peligros y Promesas*. Banco Mundial: Wachintg.

<https://documents1.worldbank.org/curated/en/630041467998505995/pdf/2018210educaci1pais0en0desarrollo.pdf>

Banco Mundial. (2017). *La educación superior se expande en América Latina y el Caribe, pero aún no desarrolla todo su potencial*. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2017/05/17/higher-education-expanding-in-latin-america-and-the-caribbean-but-falling-short-of-potential>

Centro de Estudios de la Educación Argentina (2021). *Este 2021 será crítico para la Educación*. http://repositorio.ub.edu.ar/bitstream/handle/123456789/9159/CEA_febrero-marzo_2021.pdf

Información para Autores



Evaluación por pares

La Revista Tecnológica ESPOL - RTE es una revista arbitrada que se rige por el sistema doble par anónimo. Los artículos enviados por los autores son evaluados previamente por el Comité de redacción para comprobar si se ajustan a las normas de edición y a las políticas temáticas de la revista. Cuando el artículo pasa ese primer filtro es enviado a dos evaluadores externos, expertos en la temática abordada por el autor. Para cumplir y defender la ética de la investigación, estos evaluadores son siempre ajenos a la institución a la que pertenece el autor y son los encargados de dictaminar si responde a los intereses científicos de la revista y procede su publicación. En la valoración final, los revisores deciden entre las siguientes opciones: publicable, publicable con modificaciones menores, publicable con modificaciones mayores o no publicable. En el caso de que haya disparidad de opinión entre revisores del Comité científico, se someterá al juicio de un tercer experto, que dirimirá en conflicto de pareceres.

Derechos de autor (Copyright)

*Los originales publicados, en las ediciones impresa y electrónica, de la **Revista Tecnológica Espol - RTE**, bajo derechos de primera publicación, son propiedad de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil, República del Ecuador, siendo absolutamente necesario citar la procedencia en cualquier reproducción parcial o total de los contenidos (textos o imágenes) publicados. **RTE** proporciona un acceso abierto e inmediato a su contenido, pues creemos firmemente en el acceso público al conocimiento, lo cual no obsta para que la cita de la fuente sea obligatoria para todo aquel que desee reproducir contenidos de esta revista.*

*De igual modo, la propiedad intelectual de los artículos o textos publicados en la revista **RTE** pertenece al/la/los/las autor/a/es/as.*

Esta circunstancia ha de hacerse constar expresamente de esta forma cuando sea necesario.

*Todo el contenido de **RTE** mantiene una licencia de contenidos digitales otorgada por Creative Commons.*



*Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.*

Directrices para autores

Los textos postulados deben:

1. Corresponder a las categorías universalmente aceptadas como producto de investigación.
2. Ser originales e inéditos.
3. Sus contenidos responden a criterios de precisión, claridad y brevedad.

Se clasifican en:

3.1 Artículos. En esta sección se publican:

- 3.1.1 Artículos de investigación científica o tecnológica:** presenta de manera detallada los resultados originales de proyectos terminados de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro aportes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.
- 3.1.2 Artículo de reflexión o ensayo:** presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico recurriendo a fuentes originales.
- 3.1.3 Artículo de revisión:** resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones, publicadas o no, ya sea en el campo científico, artístico o artístico tecnológico, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo.

Próximo Llamado

PROGRAMACIÓN

Vol. 33, N° 2

Edición Especial: Retos y soluciones a la migración global: un enfoque interdisciplinario

- i. Anuncio de la convocatoria de artículos: 15 de abril del 2021*
- ii. Cierre de la convocatoria de artículos: 15 de junio del 2021*
- iii. Período de revisión anónima por pares: Del 15 de junio al 15 de agosto*
- iv. Artículos seleccionados para publicación: 15 de agosto del 2021*
- v. Publicación de artículos: 30 de septiembre del 2021*

Mayor información: <http://www.rte.espol.edu.ec/public/site/spanish-rte-special-issue-plan-migrations.pdf>



espol



rte.espol.edu.ec