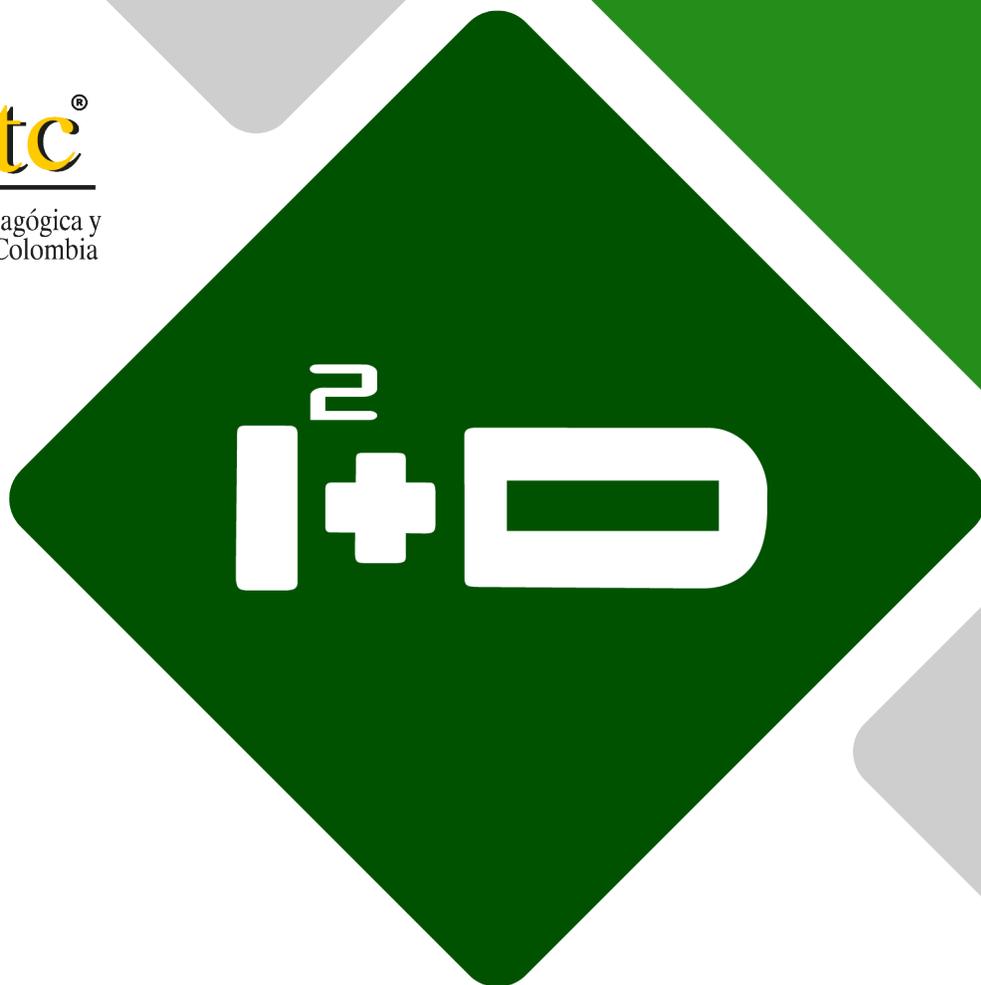




Uptc[®]

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia



INGENIERÍA, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

REVISTA I2+D

Ingeniería, Investigación y Desarrollo

Vol. 22 - No. 1 Enero - Junio 2022

RECTOR

Óscar Hernán Ramírez

VICERRECTOR ACADÉMICO

Manuel Humberto Restrepo Domínguez

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN

Enrique Vera López

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO

Eduardo Avendaño Fernández

DECANO FACULTAD

Luis Ángel Lara González

DIRECTOR / EDITOR

Jorge Enrique Espíndola Díaz

COMITÉ EDITORIAL Y CIENTÍFICO

Ph.D. Pedro Fabián Cárdenas Herrera
Universidad Nacional de Colombia

Ph.D. Gabriel Peña Rodríguez
Universidad Francisco de Paula Santander

MSc. Andrés Fernando Jiménez López
Universidad de los Llanos

Ph.D. Jorge Julián Moreno Rubio
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Ph.D. Juan María Menéndez Aguado
Universidad de Oviedo

COMITÉ DE ARBITRAJE

Ph.D. Alexander Pérez Ruiz
Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

MSc. Francisco Javier Ibargüen Ocampo
Universidad del Quindío

MSc. Heiner Castro Gutiérrez
Universidad del Magdalena

MSc. Nelson Javier Escobar Mora
Universidad Pontificia Bolivariana

MSc. Luis Carlos Olmos Villalba
Institución Universitaria Pascual Bravo

Ph.D. Carlos Arturo Ávila
Universidad de los Andes

Ph.D. José Ignacio Marulanda Bernal
Universidad EAFIT

Ph.D. Jeison Marín Alfonso
Universidad Pontificia Bolivariana

MSc. Ramiro Alejandro Plazas Rosas
Universidad del Valle

Esp. Carlos Gabriel Correa Chaparro
Fundación Universidad de América

MSc. Christian Ricardo Zea Forero
Pontificia Universidad Javeriana

MSc. Andrés Fernando Jiménez López
Universidad de los Llanos

MSc. William Fernando Álvarez Castañeda
Universidad Santo Tomás

MSc. Oscar Oswaldo Rodríguez Díaz
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

MSc. Andrea Catalina Alvarado Fajardo
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

MSc. Edgar Absalón Torres Barahona
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

MSc. Luis Ariel Mesa Mesa
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

ASISTENTE EDITORIAL / CORRECTOR DE ESTILO

Lic. Giseth Alexandra López López

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Esp. Vivian Espíndola Carvajal

Correspondencia Canje y Suscripciones a nombre

de: Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo UPTC
Sogamoso-Boyacá, Colombia Calle 4 Sur N° 15-134
Edificio Administrativo - Tercer Piso

Tel: (57+8) 770 5450 Ext. 2606

E-mail: revistaiid@uptc.edu.co

DOI: <http://dx.doi.org/10.19053/issn.1900-771X>

Los conceptos expresados en los artículos son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no comprometen a la publicación.

ISSN 1900-771X e-ISSN 2422-4324

Revista Ingeniería Investigación y Desarrollo



TABLA DE CONTENIDO

IMPLICACIONES DE LA DEFORMACIÓN TECTÓNICA DE LOS MANTOS DE CARBÓN EN LA EXPLORACIÓN GEOLÓGICA <i>Tectonic deformation troubles in coal seams during geological exploration</i> Ítalo Reyes Chittaro	5
UNA MIRADA A LA VIOLENCIA INTRAFAMILIAR DURANTE EL CONFINAMIENTO POR COVID-19 <i>A glance of domestic violence during confinement caused by Covid-19</i> María Patricia Carvajal Medina, Isaura del Carmen Cayachoa Amaya	12
MODELACIÓN ECONÓMICA Y ESTOCÁSTICA EN LOS PRONÓSTICOS DE VENTAS DE JENGIBRE EN ECUADOR <i>Econometric modeling and sales forecasts of ginger rhizome in Ecuador</i> Ángel Ramón Sabando García, Mikel Ugando Peñate, Reinaldo Armas Herrera, Ángel Alexander Higuerey Gómez, Grace Margarita Espín Estrella, Antonio Villalón Peñate	25
PROPUESTA DE ARQUITECTURA DE UN EXPEDIENTE MÉDICO CON ALEXA Y EL ESTÁNDAR HL7 <i>Proposal for a medical record architecture using Alexa and Standard HL7</i> Nicol González Ávila, Ignacio López Martínez, Beatriz Alejandra Olivares Zepahua, Hilarión Muñoz Contreras Manuel Suárez Gutiérrez	44
COOPERACIÓN CIENTÍFICA DEL CLAUSTRO DOCENTE PARA GUIAR LAS INVESTIGACIONES DE LA MAESTRÍA EN SALUD PÚBLICA DE LA FACULTAD DE MEDICINA <i>Scientific cooperation of the teaching staff to guide investigations of the master's degree in public health of the faculty of medicine</i> Edwin Mazariego Flores	51
MODELAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED CONSIDERANDO LA VARIACIÓN DE IRRADIANCIA SOLAR EN HOMER PRO <i>Modeling of a photovoltaic system connected to the grid considering the variation of solar irradiance in Homer Pro</i> Danner Anderson Figueroa Guerra, Javier Fernando Culqui Tipan, Marlon Daniel Núñez Verdezoto, Omar Danilo Cruz Panchi	60
ANÁLISIS DE LA INTENSIDAD SÍSMICA MÁXIMA MEDIANTE LA TEORÍA DE VALORES EXTREMOS <i>Analysis of the Maximum Seismic Intensity Through the Theory of Extreme Values</i> Jonathan Alfonso Pérez	72

EDITORIAL

En primer lugar, la Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo agradece a sus lectores que, a su vez, se convierten en difusores del conocimiento gestado, no solo en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, sino también en las Instituciones de Educación Superior Nacionales e Internacionales su contribución en el crecimiento del conocimiento científico. En segundo lugar, queremos enviar saludo fraterno a todos los autores y autoras participantes de este Volumen, quienes, gracias a sus saberes desde sus diferentes ramas de la ingeniería, posibilitaron un buen abordaje de estos temas. A continuación, se hace una breve descripción de los manuscritos que lo componen, así:

El primer artículo “IMPLICACIONES DE LA DEFORMACIÓN TECTÓNICA DE LOS MANTOS DE CARBÓN EN LA EXPLORACIÓN GEOLÓGICA” permite revisar cuáles son las dificultades de correlación estratigráfica en un yacimiento y su consecuencia en la deformación local del carbón. El segundo artículo, titulado “UNA MIRADA A LA VIOLENCIA INTRAFAMILIAR DURANTE EL CONFINAMIENTO POR COVID-19” las autoras, comparten la investigación que indaga sobre la relación existente entre violencia intrafamiliar y los bajos desempeños académicos escolares de los niños, niñas y adolescentes, como efecto causado por la Covid-19 en la Institución Educativa San Luis, de la ciudad de Duitama.

Ahora bien, el tercero, indaga sobre “MODELACIÓN ECONÓMICA Y ESTOCÁSTICA EN LOS PRONÓSTICOS DE VENTAS DE JENGIBRE EN ECUADOR”, los autores manifiestan la relevancia del estudio de la modelación económica y estocástica en los pronósticos de ventas de jengibre en Ecuador al tener en cuenta variables endógenas y exógenas de carácter aleatorio continuo. En seguida, el cuarto artículo intitulado “PROPUESTA DE ARQUITECTURA DE UN EXPEDIENTE MÉDICO CON ALEXA Y EL ESTÁNDAR HL7” los autores, gracias al uso de la App Alexa, plantean una arquitectura del módulo de un expediente médico electrónico.

De otro lado, el quinto, gracias a la contribución del investigador de la Universidad de El Salvador, presenta el artículo “COOPERACIÓN CIENTÍFICA DEL CLAUSTRO DOCENTE PARA GUIAR LAS INVESTIGACIONES DE LA MAESTRÍA EN SALUD PÚBLICA DE LA FACULTAD DE MEDICINA” el cual revela la importancia que surte la cooperación científica del claustro docente para la orientación tutorial de las investigaciones de la maestría en salud pública de la Facultad de Medicina de este claustro. El sexto artículo, “MODELAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED CONSIDERANDO LA VARIACIÓN DE IRRADIANCIA SOLAR EN HOMER PRO” surge a propósito de la creación de herramientas didácticas para la optimización de un sistema fotovoltaico para el abastecimiento de las cargas de una bananera en Ecuador.

Finalmente, el séptimo, investigador adscrito a la Universidad de Santander, con su artículo “ANÁLISIS DE LA INTENSIDAD SÍSMICA MÁXIMA MEDIANTE LA TEORÍA DE VALORES EXTREMOS” informa sobre el comportamiento sísmico de la región pacífica de Colombia, específicamente, en los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño entre los años 1993 y 2018.

Los invitamos a revisar, leer y compartir la información académico-investigativa que nuestros autores han querido compartir con nosotros a través de este medio de divulgación científica. Así también, a visitarnos en Twitter y en la página oficial de Facebook de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Jorge Enrique Espíndola Díaz, PhD.
Profesor Titular
Editor

IMPLICACIONES DE LA DEFORMACIÓN TECTÓNICA DE LOS MANTOS DE CARBÓN EN LA EXPLORACIÓN GEOLÓGICA

Tectonic deformation troubles in coal seams during geological exploration

Ítalo Reyes Chittaro

Geólogo – Investigador independiente

Email: italo.reyes@yahoo.com

(Recibido febrero 13 de 2022 y aceptado 14 de marzo de 2022)

Resumen

En sectores carboníferos que presentan continuidad estratigráfica regional, los mantos de carbón deformados, por efecto de los esfuerzos tectónicos presentan características estructurales locales, que deben ser consideradas dentro de la correlación estratigráfica de los sondeos de exploración. Los ejemplos dados en este artículo explican cómo las dificultades de correlación estratigráfica en un yacimiento están relacionadas con el grado de deformación local del carbón.

Palabras clave: correlación estratigráfica, deformación del carbón, sondeos, tectónica.

Abstract

In coal fields with regional stratigraphic continuity, deformed coal seams by tectonic stress, that show local structural characteristics that may be considered in the stratigraphic correlation of exploratory wells. The examples given in this paper explains if that correlation of troubles is closely related to coal average of local deformation.

Key words: stratigraphic correlation, coal deformation, exploratory wells, tectonics.

1. INTRODUCCIÓN

La Formación Guaduas contiene los mantos de carbón utilizados en la industria, esta aflora en la Cordillera Oriental de Colombia y se desarrolla, principalmente, en dos importantes sectores carboníferos, a saber: el de Bogotá-Samacá y el de Sogamoso-Jericó.

Se ha observado que en la cuenca carbonífera Sogamoso-Jericó, la Formación Guaduas, junto con las formaciones ubicadas directamente encima y debajo de esta, presenta una gran regularidad estratigráfica por más de 100 km de distancia, lo cual indica una sedimentación sumamente uniforme.

En esta distancia, los mantos de carbón ocupan siempre la parte superior de la Formación Guaduas, cubriendo una columna estratigráfica casi constante de 220 m. La variabilidad lateral del carbón, difícil de captar a simple vista, debe ir afectando a lo largo de los afloramientos uno u otro manto, pero la distancia estratigráfica entre el manto superior explotable y el manto inferior es prácticamente la misma.

El origen del carbón por el tipo de sedimentación en ambientes parálicos puede implicar la existencia de depósitos sumamente irregulares, lo cual depende exclusivamente de las características paleo-ambientales de una cuenca. Sin embargo, por la experiencia vivida

en más de 40 años de operación de la mina La Chapa, en la región de Paz de Río, Boyacá, puede afirmarse que existe una buena continuidad de los mantos de carbón principales sobre grandes extensiones, como es el caso del yacimiento de La Chapa-Los Mortiños que alcanza los 50 km².

Regionalmente, desde el sector de Sogamoso puede seguirse hacia el noreste el manto inferior grueso; es decir, aquel que corresponde al Manto 1B de la Mina La Chapa, en una distancia de 40 km. Por otra parte, en la Mina de Matayeguas, localizada a 3 km de la Planta de Belencito y que fue de propiedad de Acerías Paz del Río, el Manto A₁, el Manto B y el Manto E se correlacionan bien con Los Mantos 7, 4 y 1B de La Chapa, e incluso ocupan la misma posición dentro de la Formación Guaduas y, sus distancias recíprocas son similares a las que se tienen en el sector de Socotá, al norte de Paz de Río.

En concordancia con lo detallado anteriormente, los levantamientos geológicos sustentan la interpretación de que, si no todos los mantos principales, el Manto 1B, sí tiene la continuidad en los distintos yacimientos, al exhibir un espesor real alrededor de los 3 m y conservar su posición en la columna estratigráfica.

2. LA DEFORMACIÓN DE LOS MANTOS DE CARBÓN

La litología predominantemente arcillosa, con constantes intercalaciones de areniscas delgadas, limolitas y mantos de carbón, ha contribuido a que la Formación Guaduas haya sufrido marcadas deformaciones en las zonas donde la tectónica ha sido más intensa.

El carbón, por su característica textura vidriosa, es naturalmente la roca más frágil en este proceso de deformación, por lo cual, los mantos deben acomodarse dentro de las rocas encajantes obedeciendo a una nueva situación estructural [1].

Desde los primeros estudios geológicos, basados sobre el resultado de sondeos exploratorios de diamante, se llegó a la conclusión de que, en los yacimientos, especialmente,

los de la región al norte de Paz de Río, las anomalías estratigráficas existentes, como la discontinuidad de los mantos de carbón o la variabilidad de los intervalos entre estos, se debían, esencialmente, a la acción de la tectónica.

En los últimos años, a raíz del desarrollo de la minería y de la exploración con taladro en esa región, se confirmó la presencia de aparentes anomalías estratigráficas, tan frecuentes, a tal punto que, prácticamente, cada sondeo presentaba una columna estratigráfica diferente. Este hecho contribuía a crear dificultades en la correlación de los mantos y en la identificación del carbón dentro de la sucesión estratigráfica.

La larga experiencia minera de Acerías Paz del Río en sus dos minas de carbón, Mina La Chapa (Tasco) y Mina Samacá, ambas localizadas en el departamento de Boyacá, ha dejado un profundo conocimiento del comportamiento de los mantos de carbón frente a los esfuerzos locales derivados de la tectónica.

Igualmente, la gran actividad minera de la industria del carbón en la Cordillera Oriental permite la observación directa de los mantos en los cortes de los taludes de las vías de acceso a las minas, situación que, es tal vez, la más favorable para el análisis de los mínimos detalles de una estructura geológica local.

Las fotografías, que a continuación se exponen, ilustran varios aspectos de mantos de carbón afectados por fallas locales y sus respectivas estructuras derivadas de los corrimientos. Así que, se trata de fallas con pequeños desplazamientos pero que presentan las mismas características de dislocaciones de cualquier magnitud (Ver Figura 1).

Las tomas fotográficas se efectuaron en el yacimiento de Samacá, correspondiente al sector carbonífero Checua-Lenguazaque, y al oriente de Sativanorte, en la cuenca Sogamoso-Jericó.



Figura 1. Manto de carbón dislocado por dos fallas de cabalgamiento (*thrusts*).

La Figura 1 permite identificar dos fallas subparalelas a la estratificación con leve aumento de inclinación en los sitios de cabalgamiento del carbón. En el bloque central, a mitad de la distancia entre dichas fallas, el manto está también desplazado por una falla normal de inclinación fuerte respecto al buzamiento del carbón. Sin embargo, el banco de arenisca existente en la base no sufre desplazamientos apreciables sino un suave doblamiento y fracturación. Por otro lado, las capas del respaldo superior muestran los mismos cabalgamientos hasta donde las fallas se pierden en la estratificación. Este es un ejemplo de una situación estructural frecuente en todos los yacimientos de carbón de la Formación Guaduas.

Además, es importante notar que el espesor local del manto de carbón lejos de los sitios de dislocación se mantiene constante, mientras que en proximidad de los labios de falla ocurren naturalmente estrechamientos, pliegues de arrastre e irregularidades en el carbón.

Por otro lado, la Figura 2, muestra dos mantos de carbón en un anticlinal asimétrico, cuyo flanco inclinado está afectado por una falla inversa compleja, localizada en el sitio de flexura. En donde se observa que, en proximidad de la charnela presenta una falla inversa que disloca los mantos, dando la impresión de la existencia de

estrangulamientos en el carbón. Por consiguiente, la capa de arenisca presente entre los dos mantos de carbón se halla muy disturbada, con superficies de fricción y varios sistemas de diaclasas. Además, la figura también permite observar el espesor real del carbón en los sitios donde no se manifiesta la influencia de las dislocaciones.



Figura 2. Manto de carbón asociado a otro manto pequeño acompañante, en un doblamiento anticlinal parcialmente expuesto.

Dadas sus características como roca, es decir, la textura, la dureza y la compactibilidad, el comportamiento del carbón con relación a los esfuerzos de compresión y de tensión es sumamente variable e impredecible.

En este sentido, el acomodamiento del carbón dentro de una sucesión de estratos alternados obedece, en parte, al grado de fracturación del manto en los sitios de dislocación. No obstante, esto también, es consecuencia del comportamiento estructural de los respaldos e intercalaciones de roca y a las características litológicas de esta; la Figura 3 da una visión clara de este aspecto.



Figura 3. Vista de los mantos de carbón de la Figura 2, localizados en el flanco opuesto del anticlinal.

De otro lado, la Figura 3, exhibe una pequeña flexura en el manto principal que pasa a falla inversa en el respaldo superior. Nótese la tendencia de la arenisca en formar la flexura, no obstante, el esfuerzo es resuelto; finalmente, en ruptura y desplazamiento inverso de la capa en un perfecto mecanismo de cizalla. Como consecuencia, la falla afecta también el pequeño manto de carbón superior.

Las exposiciones en afloramiento de los mantos de carbón, ilustradas en las figuras anteriores, permiten reconocer con precisión la situación estructural de los mantos en las zonas deformadas por esfuerzos tectónicos. Esto no se logra por medio de sondeos puntuales, dado el diámetro limitado de las perforaciones; igualmente, un registro geofísico de rayos gamma o de densidad, suministra una información puntual sin relación directa con los alrededores del pozo.

Por lo tanto, en áreas afectadas por la tectónica, la correlación de los mantos de carbón a través de sondeos exploratorios y sus respectivos registros de litología y geofísica, son bastante aleatorios con relación a la definición de la situación real estratigráfica de un carbón,

aún más, si se considera que los sondeos distan en general más de 100 m entre sí.

3. IMPLICACIÓN DE LA DEFORMACIÓN DE LAS CAPAS EN LA INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA

Para explicar este aspecto, se muestran en la Figura 4 algunos detalles de las vistas de la Figura 1, en las cuales se introdujeron esquemáticamente sondeos imaginarios, representados con dos líneas paralelas contiguas, de manera que, pueda definirse la sucesión litológica, tal como resulta en los núcleos de perforación.

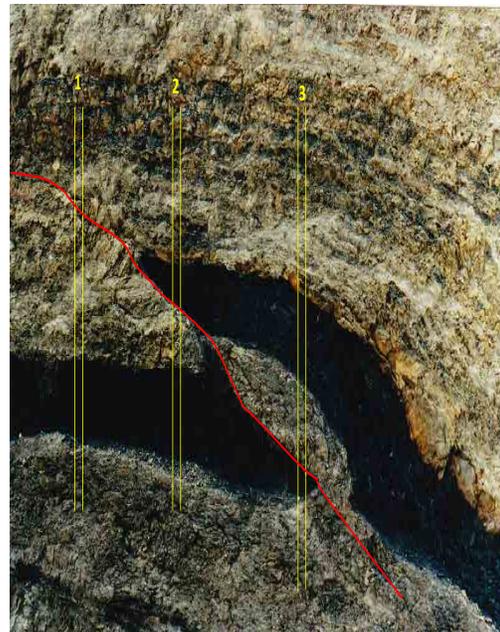


Figura 4. Detalle de la falla inversa ubicada en la parte izquierda de la fotografía expuesta en la Figura 1.

El sondeo 1 (ver Figura 4) halla el carbón en el bloque yacente, indicando el espesor real del manto. Ahora bien, el sondeo 2, encuentra el manto de carbón en el bloque colgante en lugar del bloque yacente; lo que significa que, la repetición del manto muestra espesores anormales distintos. En efecto, el sondeo 3, cruza el carbón dentro de una estratigrafía normal hasta la falla, en donde vuelve a repetirse una parte del manto.

Es relevante mencionar que, la Figura 4, se convierte en un referente para la interpretación de la *situación estratigráfica* de un manto de carbón, por correlación de la información obtenida con los núcleos y con los registros de densidad del sondeo. De manera que, la correlación indica aparentemente, de izquierda a derecha, la existencia de un manto; en seguida, por encima de este, la aparición de un pequeño manto acompañante, y luego la desaparición de este otro y la presencia de una nueva cinta por debajo del manto principal.

Desde otra mirada, la Figura 5 muestra aspectos relacionados con la sucesión estratigráfica y los espesores de las capas, distribuidas de la siguiente manera: En primer lugar, el sondeo A indica la presencia de un manto de carbón. En segundo lugar, el sondeo B muestra un pequeño manto superior adicional. En tercer lugar, el sondeo C indica dos mantos. En cuarto lugar, el sondeo D halla un manto de carbón de gran espesor. Con lo anterior, se puede observar cómo el doble nivelito de arcillolita negra, indicado por la flecha, está presente al inicio de todos los sondeos; la estratigrafía es normal hasta el techo del manto en los sondeos B, C y D, mientras que la distancia entre esa capita y el manto de carbón en el sondeo A es el doble, es decir, anormal.

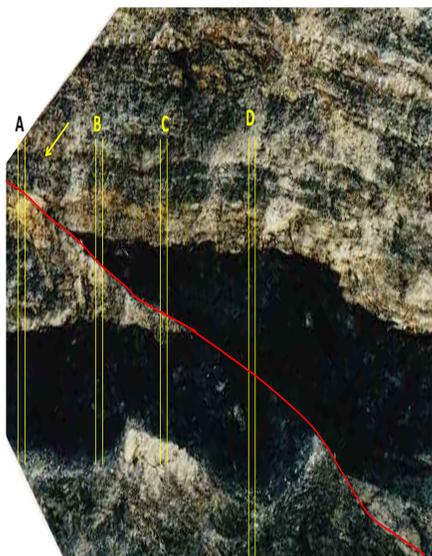


Figura 5. Detalle de la falla inversa ubicada en la parte derecha de la fotografía expuesta en la Figura 1.

De otro lado, la Figura 5, es un claro ejemplo de irregularidad aparente del espesor de un manto de carbón, lo cual explica, claramente, el por qué pueden presentarse diferencias marcadas en las columnas estratigráficas de distintos sondeos dentro de un contexto de regularidad estratigráfica local.

Enseguida, la Figura 6 trata del efecto de las pequeñas fallas normales en los mantos de carbón y su manifestación en los registros geofísicos de los pozos.



Figura 6. Detalle de la falla inversa ubicada en la parte derecha de la fotografía expuesta en la Figura 1.

Cabe resaltar que, sí la perforación penetra en el carbón por el bloque colgante de la falla y sale por el bloque yacente, es decir, atraviesa la falla dentro del manto, se obtendrá en los núcleos un menor recorrido en carbón. En el caso de la fotografía, se tiene una reducción en un 30% del espesor real del manto en el sondeo.

Uno de los casos más frecuentes en los yacimientos de carbón donde las pequeñas fallas normales dislocan los mantos, es el ilustrado en la Figura 6, la cual expone cómo se crean las aparentes reducciones imprevistas

de espesor o incluso la desaparición del carbón en los sondeos. En donde, es suficiente una falla de 4 a 5 m de desplazamiento para la eliminación de un manto de potencia de 3 a 4 m en una perforación vertical de diámetro HQ (63.5 mm).

El caso más espectacular en el yacimiento de Socotá, al norte de Paz de Río, es una falla presente entre dos sondeos exploratorios, localizados a una distancia de apenas 41 m entre sí. En el primero, se halló el Manto 1B con un espesor de 4 m, mientras que, en el segundo, el manto no apareció, como lo muestra la Figura 7.

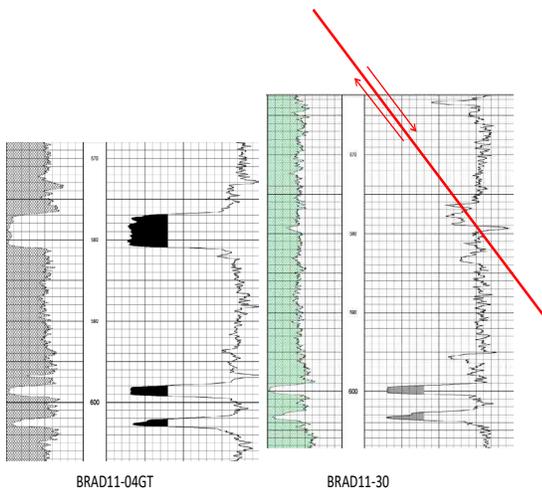


Figura 7. Montaje de los registros de densidad en dos pozos exploratorios.

En la Figura 7 se nota la perfecta correlación de las pequeñas capas de carbón presentes por debajo del manto principal. El manto de carbón presente en el sondeo de la izquierda no aparece en el log de la derecha. En este lugar, no se observa una capa de arenisca que pueda reemplazar el carbón, sino un material algo menos denso de las arcillolitas, lo que indica, que puede tratarse de una brecha de fricción carbonosa.

Es preciso mencionar que, es posible que muchos de los casos de reducción imprevista del espesor de los mantos principales se deban a la acción de las pequeñas fallas normales, como se observa en el ejemplo de la Figura 6.

En lo referente a fallas normales con desplazamientos de más de 40 m, estas sí pueden detectarse en los registros geofísicos dado que quedan involucrados varios mantos de carbón o formaciones conocidas, por lo cual, se puede reconocer claramente la posición de los estratos derivada del movimiento de los bloques.

Otra de las características estructurales de los mantos de carbón, evidenciada en las fotografías locales, y anotada anteriormente, es el hecho de que lejos de las dislocaciones por falla, los mantos de carbón conservan, generalmente, un cierto rango de espesor, esto garantiza un cierto sentido la continuidad del carbón en un bloque minero.

En conclusión, los pocos ejemplos aquí expuestos son suficientes para explicar explícitamente la aparente variabilidad estratigráfica de los mantos de carbón indicada por los sondeos puntuales en yacimientos afectados por la tectónica.

4. CONCLUSIONES

Los cortes naturales del terreno o artificiales en los taludes de las carreteras, son excelentes sitios de observación de los detalles de estructuras geológicas locales que afectan los estratos sedimentarios. Los ejemplos expuestos en este manuscrito, aplicados al carbón, brindan una notoria idea de las características estructurales finales de los mantos, adquiridas durante la deformación tectónica de la formación que los contiene.

La gran continuidad lateral de la Formación Guaduas en la cuenca carbonífera Sogamoso-Jericó, garantiza que, con toda probabilidad, los mantos de carbón principales conserven su posición estratigráfica original dentro de un yacimiento, como lo demostró la operación de la Mina La Chapa, donde varios kilómetros de túneles y centenares de perforaciones, junto con la misma explotación, comprobaron la continuidad del carbón.

Es por esta razón que, en regiones cuyas características estructurales derivadas del plegamiento andino son muy

complejas, se debe tener en cuenta la tectónica de los bloques carboníferos para comprobar la existencia de las anomalías observables en los registros litológicos y geofísicos de cada perforación.

Por consiguiente, para la concepción de un modelo geológico de un depósito de carbón, la simple correlación estratigráfica de sondeos puntuales resulta muy casual y puede conducir a errores de interpretación que, finalmente, crean tropiezos en la correcta evaluación del yacimiento.

Así también, se conocen casos de columnas estratigráficas levantadas sobre registros de pozos o de las cajas de testigos, sin la definición de ningún elemento estructural, como fallas, fracturas y replegamientos, e incluso, correlaciones efectuadas simplemente utilizando softwares, con el resultado final de una falsa estratigrafía y un variado número de mantos de carbón que no corresponde a la realidad. Lo anterior, conduce a la interpretación de modelos geológicos equivocados de los yacimientos, causando serios problemas de planeamiento en los proyectos mineros.

En ese sentido, es necesario conocer las características reales de sedimentación de los mantos de carbón, para levantar sobre el terreno innumerables secciones estratigráficas de la formación que los contiene, tanto a lo largo de los afloramientos de carbón como en los cortes libres de deformaciones locales. Solamente, de esta forma, se podrá definir la continuidad regional de los mantos de carbón y comprobar la existencia de anomalías estratigráficas de origen sedimentario.

REFERENCIAS

- [1] I., Reyes Chittaro, Evaluación Geológica del yacimiento de carbón de Matayeguas, Acerías Paz de Río, S.A., Belencito, 1993, pp. 7-8.

UNA MIRADA A LA VIOLENCIA INTRAFAMILIAR DURANTE EL CONFINAMIENTO POR COVID-19

A glance of domestic violence during confinement caused by Covid-19

María Patricia Carvajal Medina¹, Isaura del Carmen Cayachoa Amaya²

¹Institución Educativa San Luis, Grupo AVE – Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia,

²Universidad Antonio Nariño. Email: ¹maria.carvajal@uptc.edu.co, ²icayachoa90@uan.edu.co

(Recibido mayo 29 de 2022 y aceptado 19 de junio de 2022)

Resumen

Este artículo presenta la relación existente entre violencia intrafamiliar y los bajos desempeños académicos escolares de los niños, niñas y adolescentes, como producto de la emergencia sanitaria causada por la Covid-19 en la Institución Educativa "San Luis" de la ciudad de Duitama. Donde se revelan los indicadores de permanencia en la Institución, estableciendo un análisis comparativo entre los años 2019 a 2021. De la misma manera, se relacionan cifras de violencia intrafamiliar presentada en éste mismo lapso de tiempo, gracias a una correlación estadística de su presencia en la zona de Duitama. Los nuevos roles ejercidos en casa tanto por los docentes como por los estudiantes y sus familias repercutieron, directamente, en los índices de permanencia, repitencia y reprobación de los estudiantes en esta Institución. Por último, se puede concluir que la violencia intrafamiliar es una problemática preexistente a la pandemia y que requiere de la participación activa de la comunidad educativa y de las entidades gubernamentales brindando estrategias para su afrontamiento.

Palabras claves: convivencia escolar, indicadores de permanencia, violencia intrafamiliar

Abstract

This article presents the existing relationship between domestic violence and low academic performances of boys, girls and teenagers, as a result of the health emergency caused by Covid-19 in Institución Educativa "San Luis" in Duitama city. It shows the permanence status, establishing a comparative analysis between 2019 and 2021. In the same way, domestic violence data presented in this period of time are related, making a statistical co-relationship of its presence in that zone of Duitama. The new roles at home taken by teachers and students next to their families had a direct impact on the permanence and repetition rates including failing of students in the Institution. In conclusion, domestic violence is a pre-existing problem before the pandemic and requires the active participation of the education community alongside government entities giving coping strategies.

Key words: school coexistence, permanence status, domestic violence

1. INTRODUCCIÓN

En el marco de la emergencia sanitaria causada por la Covid-19, muchas carencias hicieron su aparición en el contexto rural. Las condiciones de infraestructura digital no eran las mejores al momento de iniciar el proceso de estudio en casa, y así mismo, los docentes, estudiantes y familias no estaban preparados para enfrentar todo lo que trajo consigo la pandemia. Aunado a ello, los nuevos roles asumidos tanto por las familias, como por los mismos docentes con el fin de garantizar el derecho a la educación de los niños, niñas y adolescentes, dejaron clara la brecha que existe entre la educación rural y urbana.

Sin duda, más allá del cumplimiento de las metas establecidas por el ICFES¹, muchas realidades sociales se evidenciaron. Es así como, el panorama de la violencia intrafamiliar se constituyó en una forma de relación en los hogares, al justificar también la ausencia de habilidades de afrontamiento por parte de los padres y madres de familia, frente a las dificultades, que estar en la pandemia trajo consigo, como la falta de empleo, al no poder salir de sus casas, así también, los nuevos roles ejercidos, entre otras.

En este proceso inicial de adaptación se evidenciaron algunas dificultades: por parte de los padres de familia, se pudo constatar que muchos carecen del nivel educativo básico para apoyar las actividades académicas de sus hijos en casa; además, no cuentan con los medios de comunicación básicos como teléfono, plan de datos, computador y acceso a internet; todo esto puso de manifiesto las brechas existentes para el acceso a la educación básica de algunos sectores sociales rurales.

La Institución Educativa “San Luis”, establecimiento educativo rural de carácter oficial, de la ciudad de Duitama, no fue ajeno a esta problemática de salud. En esta Institución fue evidente la violencia intrafamiliar como lo expresan los estudiantes de los grados cuarto, quinto y sexto, en esto concuerdan también, los padres

y madres de familia. De esta manera, la investigación que se desarrolla a lo largo del artículo, da a conocer las estadísticas de violencia intrafamiliar y permanencia escolar en esta población.

En este sentido, para comprender un poco más de la *convivencia* en las familias durante y después del retorno a las escuelas, ésta es definida por la Real Academia Española como: vivir en compañía de otro u otros [1], luego el escenario en el cual conviva con los demás, va a determinar el tipo de relaciones o vínculos. Es así que, sí es en las Instituciones Educativas, se da una convivencia junto a sus coetáneos; si es en casa, se dará con los miembros de su familia, vecinos y allegados. Por esta razón, que, en esencia, esta investigación pretende visibilizar la relación que los estudiantes vivenciaron en el marco de la emergencia sanitaria con sus familias. Además, se presenta de manera descriptiva la situación de permanencia en la Institución Educativa y sus perjuicios durante la pandemia con la presencia de violencia intrafamiliar en sus hogares.

Cabe resaltar que, tanto en Colombia como en el departamento de Boyacá, hay cifras de conflictos escolares cuyas causas son diversas y, por supuesto, su manejo es diferenciado, siendo las Instituciones Educativas las mediadoras entre la familia y el estudiantado. A la luz de la ley 1620 de 2013 [2], la cual creó el Sistema Nacional de Convivencia Escolar, se han venido implementando estrategias que propenden por una sana convivencia y, con ello, la reducción de los conflictos al capacitar a las comunidades con estrategias que les permitan ver en el conflicto una oportunidad de mejora.

Sin embargo, las acciones de intolerancia se presentan tanto en los niños, niñas y adolescentes, como en los padres y madres de los menores. En este sentido, como escenarios de conflicto, se observa a los hogares y, en efecto, a las Instituciones Educativas que día a día perciben que la forma más indicada de solucionar los conflictos se da con confrontaciones físicas y agresiones al oponente. De acuerdo con los autores [3], sí existió violencia en el municipio de Briceño (Boyacá), donde

¹ ICFES: Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior

se reportó en la Comisaría de 3 a 4 casos mensuales, lo cual representa entre 18 y 20 casos por mes, lo anterior, ilustra un aumento del más del 100% durante el segundo trimestre de 2020.

Así también, otro aspecto relevante para este estudio es la deserción escolar, para el autor [4] la deserción escolar es la interrupción o desvinculación por parte de los estudiantes de la academia. Dado que, se trata del abandono por parte del alumno después de un proceso acumulativo de separación donde, finalmente, se retira antes de la edad establecida, sin un certificado que acredite sus estudios.

Por su parte, la deserción escolar durante la emergencia en la Institución Educativa “San Luis” ha tenido algunas causas, tales como: familias disfuncionales, violencia intrafamiliar, bajo desempeño académico de los niños, niñas y adolescentes, escaso apoyo de sus padres por ausencia de formación, bajos ingresos económicos en las familias que obligaron a algunos estudiantes a abandonar los estudios para dedicarse a trabajar.

2. ESTADO DE ARTE

Si bien es cierto, la implementación de las actividades escolares en casa, permite ver con más cercanía las realidades que allí viven las familias, también dentro de esa realidad los conflictos hacen su aparición. La atención a las diferentes situaciones de conflicto en las Instituciones Educativas es liderada, por los comités de convivencia y conciliación donde éstos se muestran como mediadores entre los padres de familia y los docentes.

Por otro lado, en casa las circunstancias son de variada índole y la convivencia ante la situación atípica de actividad académica, asume otra connotación como lo menciona el investigador en [5], los problemas sociales son siempre problemas culturales, porque tienen que ver con los mundos que construimos en la convivencia. Por eso, la solución de cualquier problema social, siempre pertenece al dominio de la ética; es decir, al dominio de seriedad en la acción frente a cada circunstancia que

parte de aceptar la legitimidad de todo ser humano, de todo otro, en sus semejanzas y diferencias.

En este sentido, [5] plantea, que, si se consideran las relaciones de convivencia en todos los aspectos del vivir de los niños y niñas que crecen en esa relación en el trayecto de transformarse en adultos, la educación, como proceso de transformación en la convivencia, ocurre también en todas las dimensiones relacionales del vivir, tanto de los espacios privados de la familia como los del Colegio. Cada uno de los abordajes que se pueden encontrar en las investigaciones acerca de la violencia intrafamiliar exhibe escenarios en donde aparecen algunas expresiones de violencia a las cuales se refieren los mismos estudiantes al ser encuestados, entre los que se destacan: maltrato físico, palabras groseras, golpes y gritos que se dan en los hogares como forma de solucionar los conflictos. Es así como las Instituciones Educativas se convierten en escenarios mediadores entre los hogares con violencia y las posibilidades de aprender otras formas de solucionarlas.

Abordar el tema de la convivencia en estos tiempos en que todas las reglas y patrones se vieron alterados por la emergencia sanitaria, que a nivel planetario se ha venido dando, dejan en claro que el espacio de socialización en las Instituciones Educativas cambió y se trasladó a los hogares, como lo refiere [6], “la escuela como un espacio de socialización secundaria, permite que la convivencia escolar se desarrolle en un clima de respeto y tolerancia, será más eficiente el aprendizaje, contribuyendo con ello a mejorar la calidad de la educación”. En concordancia con lo anterior, al realizar una revisión bibliográfica acerca del tema de convivencia escolar en relación con la presencia de violencia intrafamiliar, se observa las conclusiones de algunas investigaciones que dan cuenta de la presencia del conflicto, así:

Según [7], en el estudio “Convivencia escolar en instituciones de educación secundaria: un estudio transcultural desde la perspectiva estudiantil”, que tuvo como objetivo el análisis de la convivencia en centros escolares en los países de Argentina, España, México y

Puerto Rico, desde la perspectiva de las comunidades estudiantiles, donde se profundizó en las diferencias y similitudes e identificó distintos perfiles en dichos países a través de un instrumento que reuniera las características técnicas exigidas. Los resultados obtenidos a través de los distintos análisis demostraron que, de manera general, los estudiantes valoran positivamente la convivencia en sus respectivas instituciones. Sin embargo, al comparar los tipos de agresiones, entre los países estudiados, se encontró una diferencia más alta, estadísticamente significativa, en las agresiones físicas que se cometieron en los centros escolares mexicanos.

En este mismo orden de ideas, se encuentra el proyecto realizado en la Universidad de El Salvador titulado “La convivencia escolar y su impacto en el proceso de enseñanza-aprendizaje de alumnos y alumnas de tercer ciclo de Educación Básica del Centro Escolar Cantón San Benito Piedra Gorda, Guadalupe, San Vicente”. En este proyecto los autores [8], expresan que “la convivencia escolar es un aprendizaje, porque se enseña y se aprende a convivir; esta enseñanza y aprendizaje se forma en la interrelación de los miembros de la comunidad educativa”. Dicha investigación tuvo como objetivo, inferir en cambios de conducta de estudiantes mediante actividades teóricas y vivenciales encaminadas a mejorar la autoestima, el conocimiento y práctica de valores morales.

Por otro lado, en España, en [9], los investigadores en su trabajo “Violencia en la convivencia escolar en educación básica: un estado del arte” expresan que: la violencia que se gesta y reproduce en las escuelas de educación básica son una representación de la violencia estructural que se vive nacional e internacionalmente. Una expresión de la violencia escolar es el acoso escolar o *bullying*, el cual se ha convertido en un problema público del ámbito educativo y de la salud; es educativo, en tanto que, es una causa del fracaso escolar, y de salud, porque la violencia ejercida durante el acoso daña el auto concepto y autoestima de los afectados, orillando al alumnado violentado en algunas ocasiones al suicidio.

De igual forma, se encuentra la investigación realizada por [10], “Los valores y la convivencia una tarea significativa en la vida escolar”, el objetivo de esta investigación fue describir la importancia de realizar actividades lúdico pedagógicas para propiciar un ambiente escolar sano, y el rescate de las buenas costumbres. Esta investigación expresa que es necesario definir la convivencia escolar como un ambiente psicológico, físico, emocional y social en el que los miembros de una comunidad educativa se desarrollan de manera armoniosa, sin duda, elementos fundamentales que promueven relaciones respetuosas entre quienes hacen vida en las Instituciones Educativas. Este proceso implica la intervención de padres de familia y docentes, pues un espacio escolar que requiere una organización e interacción permanente entre sus miembros que determinan la convivencia.

Ahora bien, en la investigación de [11], da cuenta de la “Interacción en el aula como una propuesta pedagógica para las instituciones educativas de Colombia”, su objetivo fue propiciar la interacción en el aula para transformar la cultura de la intolerancia en ambientes de convivencia, teniendo en cuenta una pedagogía socializadora, como metodología de acción participativa, transversal e interdisciplinaria. Esta investigación logró evidenciar cambios actitudinales significativos, que contribuyeron a transformar problemáticas como la intolerancia, como resultado, se promovió un mejor ambiente de convivencia.

Se encuentra también el artículo de los académicos en [12], titulado “El reto: educar para convivir”, el cual propone que la convivencia escolar es un eje importante para la consolidación de espacios en el aula, que contribuyan a la construcción de una nueva ciudadanía que responda a los retos que proponen las actuales generaciones. Su objetivo fue desarrollar estrategias pedagógicas que promovieron la convivencia escolar en los estudiantes de los grados tercero, cuarto y quinto de la sede Campoamor, de la Institución Educativa Politécnico Álvaro González Santana (IEPAGS), en la ciudad de Sogamoso – Boyacá.

Adicionalmente, está la investigación de [13], titulada “Emociones y habilidades comunicativas en la

convivencia escolar en la IE Rural del Sur de Tunja”, donde se plantea que la Institución Educativa presenta una problemática relacionada con el maltrato físico y verbal entre estudiantes, acompañado de dificultades en las relaciones personales y rendimiento académico, atribuibles a un contexto social, en el que sus emociones no fueron gestionadas adecuadamente. Su objetivo fue ofrecer un marco de comprensión y reflexión de la influencia de las emociones entorno al desarrollo de habilidades comunicativas, como parte de una educación integral que garantice una adecuada convivencia escolar.

De acuerdo con [3], antes del confinamiento por la Covid 19 existió violencia intrafamiliar al interior de las familias del municipio de Briceño (Boyacá), manifiesto en las denuncias recibidas en las Comisarías de Familia, esto evidenció que la violencia aumentó en más de un 100% durante el segundo trimestre de 2020, periodo de confinamiento a nivel mundial.

Por último, en la ciudad de Duitama, sitio donde se llevó a cabo la presente investigación, se encontró que para el año 2020, de acuerdo con el Plan de Desarrollo, se presenta violencia intrafamiliar en un 28,2% de las familias, siendo una prioridad para la Alcaldía atender dicha problemática [14].

El anterior rastreo da cuenta de las distintas relaciones que se dan en las aulas y en las cuales se evidencia como los conflictos hacen parte del diario vivir escolar, siendo estos territorios propicios para adquirir habilidades para el manejo de situaciones difíciles. No obstante, es evidente que, en las familias es donde se presentan expresiones de violencia que no favorecen los aprendizajes adquiridos. Dicho escenario en el que los niños y niñas expresan su propia forma de solucionar los conflictos como manifestación de lo aprendido en su entorno familiar. Es así, como la dupla docentes- padres de familia engrana el proceso de los y las estudiantes en todas sus dimensiones.

3. METODOLOGÍA

En el aspecto metodológico, se utilizó un enfoque

cuantitativo teniendo en cuenta que usa una recolección de datos con base en la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento. El alcance del estudio es descriptivo, pues aborda las características de la muestra mencionada. El diseño que se plantea en la investigación es no experimental pues se utiliza para la recolección de datos en forma pasiva, es decir, sin introducir cambios o intervenciones directas en la población del presente estudio, constituido por los estudiantes de grado cuarto, quinto y sexto de la Institución Educativa “San Luis” de la ciudad de Duitama.

En concordancia con el enfoque, alcance y diseño de la investigación, se usó como técnica una encuesta que se aplicó a los estudiantes, para la recolección de la información, compuesta por 15 aspectos que incluyen tanto preguntas abiertas como cerradas, donde se abordó aspectos generales de la convivencia y presencia de violencia intrafamiliar en los hogares. De la misma manera, se realizó una encuesta tipo formulario para los padres de familia de la Institución Educativa, con el fin de establecer la presencia de violencia intrafamiliar y conocer si hubo o no, asistencia a las Instituciones establecidas para recibir sus denuncias. A continuación, se presenta la ruta que se adelantó en el transcurso de la investigación, así:

Tabla 1. Fases del plan de trabajo

FASE	DESCRIPCIÓN
Revisión bibliográfica	En primera instancia se realizó una revisión bibliográfica de trabajos relacionados con la convivencia y violencia intrafamiliar con el fin de identificar los rasgos característicos de la misma.
Aplicación de encuesta a estudiantes	Dirigida a estudiantes de los grados 4°, 5° y 6° de la Institución Educativa “San Luis” en la cual se identificó la prevalencia de la violencia intrafamiliar en estas familias.
Aplicación de encuesta a padres de familia	Con la intención de establecer la presencia o no de violencia intrafamiliar y, poder determinar, sí ante los conflictos intrafamiliares se acude a las Instituciones gubernamentales creadas para este fin.
Visita Institucional	Se visitó la Institución Educativa “San Luis” de Duitama, de tal manera que, se pudiera acceder a la documentación para establecer un análisis de la situación en presencialidad (2019) y la situación reflejada del trabajo académico en casa (2020) y su posterior regreso (2021).
Entrevista al Comité de cobertura institucional	Con el ánimo de recibir información correspondiente a permanencia y reprobación estudiantil durante los años 2019, 2020 y 2021.
Análisis y resultados de la información	Se realizó un análisis de la información suministrada por el Comité de Cobertura, designado por la Institución en búsqueda de la permanencia estudiantil, así como, de la información aportada por las encuestas aplicadas.

Instrumentos de recolección de información

En relación con los instrumentos utilizados para la recolección de datos, estos fueron aplicados y articulados a la sistematización de variables, empleados para conocer la percepción, opinión y/o reflexión de estudiantes

y padres de familia con los aspectos relacionados con violencia intrafamiliar. En este sentido, la Tabla 2 muestra los instrumentos de información utilizados en el estudio, de la misma manera, la definición, momentos e indicadores de medición.

Tabla 2. Técnicas e instrumentos de investigación

CATEGORÍA	DEFINICIÓN	MOMENTO DE IMPLEMENTACIÓN DEL INSTRUMENTO	INDICADORES DE MEDICIÓN
Encuesta	Instrumento de investigación que permite obtener respuesta a situaciones o fenómenos sometidos a estudio, desde métodos descriptivos o de relación de variables, luego que el investigador recoge la información que considera oportuna para interpretar el objeto de estudio [15].	Encuesta de opinión a padres de familia para determinar la presencia de situaciones de violencia intrafamiliar. Encuesta de opinión a estudiantes para determinar posibles casos de violencia intrafamiliar en su contexto.	Preguntas Preguntas
Observación participativa	La observación es un método de investigación que permite identificar características de los fenómenos en estudio, es el medio preferido por investigadores sociales, [16], argumenta que “la observación es la más eficaz para llevar a cabo la investigación descriptiva”.		Registro sistemático en los diarios de campo.

4. RESULTADOS

Para entender los índices de violencia intrafamiliar durante el periodo 2019 – 2021, se deben conocer los datos de cómo se comportaron los indicadores de permanencia. Así, es importante conocer cómo fue la matrícula durante los tres años en mención. En este orden de ideas, es vital reconocer cuáles fueron los índices de deserción, repitencia, y reprobación. Cabe resaltar que, los indicadores de permanencia por sí solos, no permiten verificar su relación con la violencia intrafamiliar. Por esta razón, es necesario indicar cómo se van a comparar las variables, de tal manera que, se pueda establecer si efectivamente hay una correlación.

A continuación, se muestran las estadísticas de la Institución Educativa “San Luis” para estos años. En 2019, periodo en el cual se trabajó en presencialidad; 2020, que, por motivos de la pandemia, el trabajo fue totalmente en casa; y, en 2021, donde hubo retorno paulatino a las aulas.

Los resultados hallados fueron: para el año 2019 hubo una matrícula de 359 estudiantes, al finalizar el año, se manifestaron los siguientes índices de permanencia, los cuales se presentan en comparación con el año 2020. Donde el índice de deserción descendió de un 2% a un 1%. A su vez, el índice de repitencia pasó de un 6,7% a un 12,4%, reflejando de esta manera, que no todos los estudiantes alcanzaron los logros para el año académico 2020, año en el cual se hizo trabajo en casa. Por su parte, el índice de reprobación pasó de un 7% para el año 2019 a un 12,4% en el año 2020, esto indica que los estudiantes que reprobaron en el año 2019 decidieron reiniciar su año escolar en la misma Institución Educativa. Para el año 2021 la deserción incrementó a un 3%, la repitencia fue del 18% y el índice de reprobación alcanzó el 18%, datos reflejados en la Tabla 3.

Tabla 3. Indicadores de permanencia

AÑO	MATRÍCULA	Índice de deserción	Índice de repitencia	Índice de reprobación
2019	359	6 – 2%	24- 6.7%	25 – 7%
2020	340	3- 1%	42- 12, 4%	42-12,4%
2021	301	10- 3%	56- 18%	56- 18%

Acorde a la información presentada, tal y como se observa, a continuación, en la Figura 1, la comparación de las tres variables: índice de deserción, índice de repitencia e índice de reprobación, ilustran la permanencia de los estudiantes en la IE para los años 2019, 2020 y 2021.



Figura 1. Indicadores de permanencia 2019- 2021

Plan de Análisis de Datos

La información recolectada en esta investigación, permite describir e interpretar el objeto de estudio, que, para el caso particular, corresponde a la presencia de casos de violencia intrafamiliar, donde se indagó tanto a padres de familia como a estudiantes de la Institución Educativa “San Luis” de Duitama. Así mismo, se comparó éste mismo aspecto, con cifras emitidas por el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses durante los años 2019, 2020 y 2021. A continuación, se presentan parte de los resultados obtenidos en las encuestas:

Análisis del instrumento aplicado a padres de familia

El instrumento se aplicó a 51 familias, con la finalidad de conocer la presencia o ausencia de violencia en el hogar (ver Figura 2).

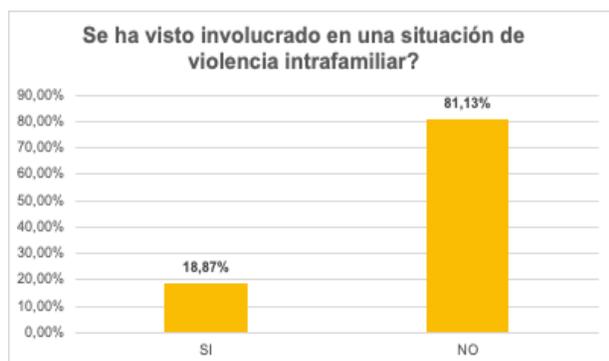


Figura 2. Participación en casos de violencia intrafamiliar

A partir de la Figura 2, la cual muestra la opinión de padres de familia en participación de situaciones de violencia intrafamiliar. Se estableció que un 81,1% de las familias encuestadas para el estudio, indican no haber tenido participación en situaciones de violencia.

Por otro lado, en la Figura 3, se resalta que un 70% de las familias donde se presentó violencia, denuncian el hecho ante las autoridades competentes y el 30% de ellos no lo hacen.

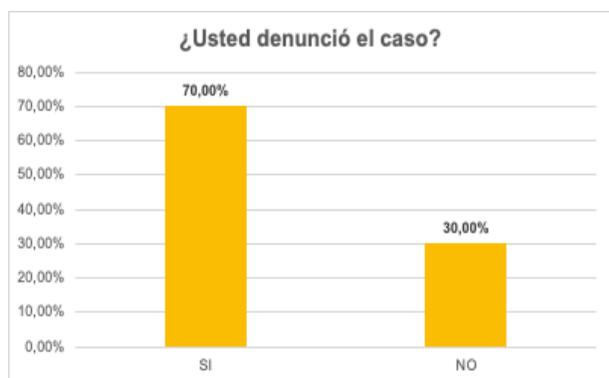


Figura 3. Denuncia de caso de violencia intrafamiliar

De igual manera, en la Figura 4, se indaga acerca de la entidad competente a la que acuden para realizar la denuncia de la situación de violencia intrafamiliar, como se evidencia a continuación:

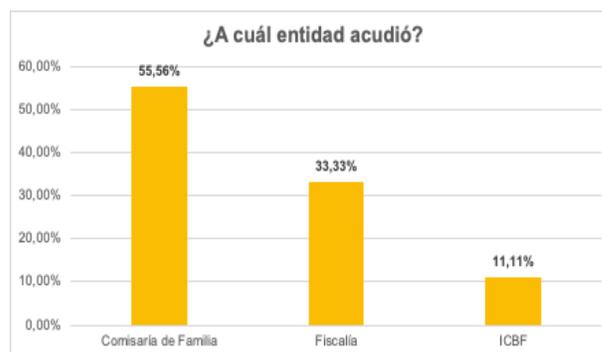


Figura 4. Entidad en que denunció el caso de violencia intrafamiliar.

Nótese que el 55.5%, es decir, la mayor parte de padres de familia acuden a denunciar el hecho en la Comisaría de Familia, seguido de un 33.3% que acuden a la Fiscalía y, un 11,1% al Instituto Colombiano de Bienestar Familiar.

Análisis del instrumento aplicado a estudiantes de la Institución Educativa "San Luis".

La unidad de análisis quedó constituida por 82 estudiantes matriculados en la Institución Educativa "San Luis", de los cuales, 42 estudiantes pertenecen a la sección primaria (grados cuarto y quinto) y 40 estudiantes a la sección secundaria (grado sexto). Este instrumento se orientó, de la tal manera que, se pudiera identificar las situaciones de violencia dentro y fuera de la IE, el cual fue una fuente enriquecida de información, abarcando múltiples aspectos que aportan al objeto de investigación. En seguida, se presentan los principales resultados:

En cuanto a la modalidad de estudio que prefieren los estudiantes, sobresale en un 97,2% la presencialidad en comparación a la modalidad de estudio en casa, es evidente que la mayoría de estudiantes se sienten más tranquilos y activos en presencialidad como lo evidencian en este caso los datos estadísticos, así mismo, se encontró que durante el confinamiento las relaciones familiares fueron en un 72,2% buenas, y el 27,7% regulares.

Un aspecto relevante para este estudio es precisamente cómo reaccionan los padres de familia y/o cuidadores frente a una situación de conflicto, a lo que respondieron

los estudiantes en 65% buscan soluciones, en tal sentido, es importante considerar que los padres de familia buscan a las personas que les brinden alternativas de solución como lo son los docentes. Así también, se evidencia que la IE cuenta con un organismo que atiende las situaciones de conflicto que es el Comité de Convivencia y los estudiantes lo identifican en un 61%; no obstante, el 49% de los encuestados no reconocen este organismo y lo confunden con el Consejo Directivo, Consejo Académico, entre otros.

En cuanto a la reacción de los docentes ante un conflicto presentado por estudiantes dentro de la IE, el 91,7% manifiesta que escuchan y siguen el debido proceso; por otro lado, el 4,2% escuchan y no hacen nada frente al conflicto y, el 4, 2% de los profesores, no le prestan atención.

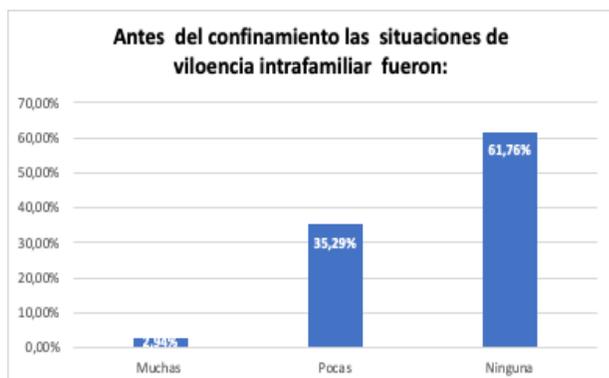


Figura 5. Situaciones de violencia intrafamiliar antes del confinamiento

Como se observa en la Figura 5, los estudiantes manifiestan que antes del confinamiento las situaciones de violencia intrafamiliar no se presentaron en un 61,7%; en un 35,2% se presentaron pocas y en un 2,9% se presentaron muchas situaciones de violencia en el hogar.

En la Figura 6, se observa que los estudiantes manifiestan que durante el confinamiento las situaciones de violencia intrafamiliar no se presentaron en un 59,1%, en un 33,8% se presentaron pocas y en un 7,0% se presentaron muchas situaciones de violencia dentro del hogar. Presentándose

un incremento del 4.1% de las situaciones de violencia con respecto a antes del confinamiento.



Figura 6. Situaciones de violencia intrafamiliar durante el confinamiento

En consecuencia, los estudiantes manifiestan que después del confinamiento las situaciones de violencia intrafamiliar no se presentaron en un 70.4%; un 25.3% se presentaron pocas y en un 4.2% se presentan muchas situaciones de violencia intrafamiliar (ver Figura 7).



Figura 7. Situaciones de violencia intrafamiliar después del confinamiento

En relación con lo anterior, se puede concluir que los casos de violencia intrafamiliar durante el confinamiento aumentaron en un 4% respecto al año 2019, también se observa que después del confinamiento, es decir, en el año 2021 disminuyeron en un 3%. Es decir, que el aumento de situaciones violentas se dio, principalmente, durante el confinamiento. Esto indica que la violencia intrafamiliar se incrementó en un 4,2% en la población objeto de este estudio de caso.

Casos de violencia intrafamiliar a nivel Colombia según informe del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses 2019 – 2021

Para esta investigación fue necesario comparar los casos reportados antes y después del confinamiento tomados de los informes del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. [17] En la Tabla 4, se observan los casos de violencia intrafamiliar reportados mensualmente durante los años 2019 al 2021 en Colombia.

Tabla 4. Casos Violencia intrafamiliar reportados 2019, 2020 y 2021 en Colombia

MES	2019	2020	2021
Enero	5148	5138	2844
Febrero	5900	5857	3841
Marzo	6653	4717	4212
Abril	6249	2352	3823
Mayo	6124	3421	3838
Junio	5760	3448	4105
Julio	6792	3472	4157
Agosto	6510	3320	4719
Septiembre	6587	3877	5158
Octubre	6259	4004	4810
Noviembre	5647	3725	5108
Diciembre	5680	3846	4995
TOTAL	73309	47177	51610

La estadística inferencial en este estudio fue de gran soporte para determinar si aumentaron o disminuyeron los casos de violencia intrafamiliar antes y después del confinamiento, es decir, establecer una comparación.

En primera instancia fue necesario determinar si los datos de violencia intrafamiliar presentan distribución normal, tomando como referente los casos reportados mes a mes durante los años 2019, 2020 y 2021, luego, se procede a aplicar la prueba de normalidad *Shapiro-Wilk*, para validar supuestos de la diferencia de medias en muestras relacionadas, tomando un nivel de significancia del 5% ($\alpha=0.05$) y un intervalo de confiabilidad del 95%. (ver Tabla 5), donde se busca probar las siguientes hipótesis

estadísticas:

H_0 : Los datos presentan una distribución normal

H_1 : Los datos no presentan una distribución normal

Tabla 5. Prueba de normalidad- Shapiro Wilk

P valor – Prueba de normalidad: Shapiro Wilk		
Violencia intrafamiliar		
2019	2020	2021
Antes	Durante	Después
0.7709	0.3676	0.3009

Nota. La tabla presenta los resultados de la prueba de normalidad de datos, empleando la prueba de *Shapiro Wilk*.

Con los datos relacionados en la Tabla 5, se acepta la hipótesis nula H_0 en cada momento antes, durante y después, toda vez que el p-valor > 0.05 como se muestra en todos los casos, con ello se afirma que los datos presentan normalidad y es viable aplicar la prueba de diferencia de medias *T-Student* para muestras dependientes.

Prueba “T de Student”

Con la prueba *T-Student* se pretende comprobar si efectivamente el número de casos de violencia intrafamiliar reportados antes y después del confinamiento presentan una diferencia significativa. Se toma como referencia un nivel de error del 5% es decir un nivel de ($\alpha=0.05$).

Asumiendo que las Varianzas de cada momento son desconocidas pero iguales (lo cual se probó mediante el test de Razón de varianzas) con un p-valor = 1 se comprueba que tienen homocedasticidad y se acepta la hipótesis nula de que tienen igual varianza.

Hipótesis a probar:

Hipótesis nula: H_0 : No existe una diferencia significativa en el número de casos de violencia intrafamiliar antes y después del confinamiento.

$$(\mu_{\text{antes}} = \mu_{\text{después}}) \text{ ó } (\mu_{\text{antes}} - \mu_{\text{después}}) = 0$$

Hipótesis alternativa: Ha: Existe una diferencia significativa en el número de casos de violencia intrafamiliar después del confinamiento.

$$\mu_{\text{antes}} \neq \mu_{\text{después}} \text{ ó } (\mu_{\text{antes}} - \mu_{\text{después}}) \neq 0$$

Estadística de Prueba: $t = 9.1354$
 Grados de libertad = 11
 p-valor = 0.000001811

Decisión: Se acepta que existe una diferencia significativa en el número de casos de violencia intrafamiliar antes y después del confinamiento, por tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la alternativa dado que el (p valor $< \alpha$; 0.000001811 < 0.05).

Con este análisis estadístico se comprueba que los casos de violencia intrafamiliar en Colombia durante los años 2019, 2020 y 2021 presentan una disminución significativa.

Casos de violencia intrafamiliar de Duitama, según el informe del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses 2019 – 2021

Por otra parte, se compararon las estadísticas de casos de violencia denunciados en el municipio de Duitama, tomando los datos del informe mensual antes mencionado, en esta ocasión, se compararon los casos de violencia a niños, niñas y adolescentes durante los años 2019- 2021 como se muestra en la Figura 8.

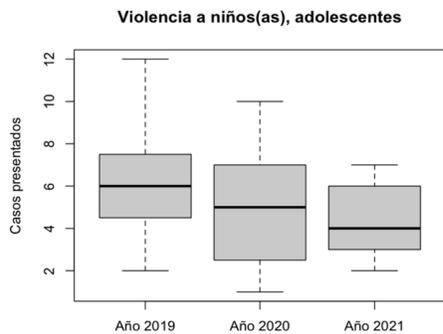


Figura 8. Diagrama de caja comparativo casos denunciados de violencia a niños(as) y adolescentes en el municipio de Duitama.

En el diagrama de caja comparativo, se presenta la distribución del número de casos reportados de violencia a niños, niñas y adolescentes pertenecientes a la ciudad de Duitama durante los años 2019, 2020 y 2021. Allí se evidencia una disminución año a año; en 2019 el promedio es mayor en comparación con los siguientes dos años, así mismo, comparando el año 2020 con el año 2021 el número de casos reportados sigue una tendencia a disminuir.

Adicionalmente, se compararon las estadísticas de casos de violencia de pareja del municipio de Duitama, como se muestra en la Figura 9.

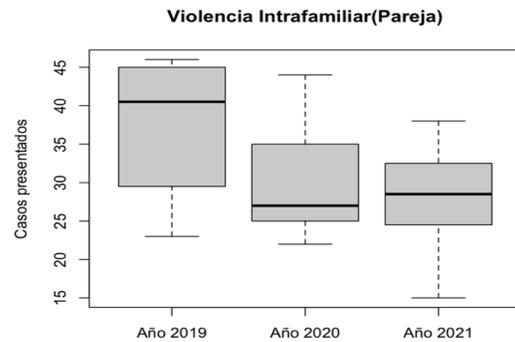


Figura 9. Diagrama de caja comparativo casos denunciados de violencia de pareja en el municipio de Duitama.

Se observa una distribución del número de casos de violencia de pareja en el municipio de Duitama, durante los años 2019, 2020 y 2021, evidenciándose una disminución significativa durante los años 2019 y 2020. Por otra parte, vemos que en los años 2020 y 2021 el número tiende a aumentar, aunque no en comparación con el año 2019.

5. CONCLUSIONES

Basados en el anterior estudio, en los datos del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses y de las encuestas realizadas, podemos concluir que:

Al analizar los resultados de la población investigada, se observa que la violencia intrafamiliar durante los años

2019, 2020 y 2021 en Colombia, según informes del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses y las pruebas estadísticas realizadas, arrojan una diferencia significativa que tiende a disminuir. De igual forma, en el municipio de Duitama, los casos de violencia a niños, niñas y adolescentes tienen una reducción relevante pasando de reportar en 2019 en promedio seis casos por mes a reportar en 2021 cuatro casos por mes, es decir, hay una reducción del 34% aproximadamente. De manera similar ocurre con los casos reportados de violencia de pareja a nivel municipal, pasando de reportar en promedio 40 casos mensuales en 2019, a reportar 28 casos por mes en 2021, con una reducción del 30% aproximadamente.

En concordancia con el informe de la auditoría de cobertura a la Institución Educativa “San Luis”, el índice de deserción escolar disminuyó en el año 2020 respecto al 2019 y se incrementó a un 3% para el año 2021. Según los resultados obtenidos, se evidencia que la Institución logró mantener al 97% de la población estudiantil matriculada, pese a las condiciones propias del confinamiento.

Durante el período estudiado, las familias tuvieron que vivir situaciones de difícil manejo tales como: ausencia de recursos tecnológicos, desempleo, escasa formación académica de los padres y madres, familias disfuncionales, embarazos, trabajo infantil entre otros; lo que desencadenó un incremento significativo en los índices de repitencia y reprobación pasando del 6.7% en el año 2019, duplicándose para el año 2020 con un 12.4% y, a un 18% para el año 2021.

De acuerdo con las estadísticas del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, se evidencia una disminución significativa de casos de violencia intrafamiliar reportados en los años 2019 – 2021. Esto implica que la violencia se presentó en los hogares, pero no se establecieron las denuncias respectivas.

Por otro lado, se infiere, que la época de confinamiento en casa fue una alternativa para resignificar las relaciones intrafamiliares, pues, los casos denunciados de violencia intrafamiliar a nivel nacional y departamental tuvieron

una disminución significativa como se muestra en las estadísticas descritas en el documento. Esto significa que, la violencia intrafamiliar viene siendo una problemática preexistente a la pandemia, lo que indica que las entidades gubernamentales deben procurar su atención permanente a través de campañas y aplicación de estrategias que propendan por transformar la cultura de intolerancia que se vive en el contexto familiar y social. No obstante, las entidades atendieron los casos más críticos cuando se vio amenazada la integridad de las personas por el uso de armas contundentes.

En relación a lo antes mencionado, una estrategia, diseñada e implementada por los docentes en acompañamiento a las familias de la Institución Educativa “San Luis”, fue conseguir integrarlas en los procesos formativos de sus hijos e hijas y, así mismo, lograr que los estudiantes colaborarán en las tareas domésticas, esto con el objetivo de mejorar la convivencia y desarrollar competencias colaborativas fortaleciendo su aspecto emocional, familiar y social.

REFERENCIAS

- [1] RAE, «Real Academia Española,» (2022) [En línea]. Available: <https://dle.rae.es/convivencia>. [Último acceso: 01 04 2022].
- [2] MEN, «Ley 1620 del 15 de marzo de 2013,» (2013) [En línea]. Available: <https://www.mineducacion.gov.co/portal/ejes-tematicos/Normas-sobre-Educacion-Preescolar-Basica-y-Media/322721:Ley-1620-del-15-de-marzo-de-2013>. [Último acceso: 26 02 2022].
- [3] J. Ladino y J. Ortiz (2021) «Causas y Consecuencias de la Violencia Intrafamiliar a Causa del Confinamiento por COVID 19 en las Familias del Municipio de Briceño-Boyacá para el Segundo Trimestre del Año 2020.,» USTA, Tunja.
- [4] G. Díaz Hernández (2020) «Deserción escolar: Una mirada a esta problemática social en Bogotá,» Unibersidad el Bosque, Bogotá.
- [5] H. Maturana (1999) Transformación en la convivencia, Santiago de Chile: Dolmen.
- [6] M. Sandoval Manríquez (2014) «Convivencia y clima

- escolar: claves de la gestión del conocimiento,» *Última década*, vol. 22, nº 41, pp. 153-178.
- [7] J. J. Ramírez Leiton (2016) «Convivencia escolar en instituciones de educación secundaria: un estudio transcultural desde la perspectiva estudiantil,» Repositorio Institucional de la UCM, Madrid.
- [8] S. Navarrete Cornejo y C. Hernández Romero (2017) «La convivencia escolar y su impacto en el proceso de enseñanza-aprendizaje de alumnos y alumnas de Tercer Ciclo de Educación Básica del Centro Escolar “Cantón San Benito Piedra Gorda,» Universidad de El Salvador, El Salvador.
- [9] R. Cazañas Palacios (2019) «Violencia en la convivencia escolar en educación básica: un estado del arte,» *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, vol. 7, nº 1, pp. 43-52.
- [10] J. Hernández Castro (2017) «Los valores y la convivencia una tarea significativa en la vida escolar,» *Rastros y Rostros del Saber*, vol. 1, nº 1, pp. 89-100.
- [11] P. Ríos Fonseca, C. Saavedra, J. Nova Barrios y Á. Jiménez Larrotta (2017) «Interacción en el aula como una propuesta pedagógica para las instituciones educativas de Colombia,» *Educación y Territorio*, vol. 7, nº 13, p. 33–56.
- [12] A. Montaña Beltrán, Z. Rocha Adame y A. Rojas Hernández (2018) «El reto: educar para convivir,» *Educación y Ciencia*, nº 21, p. 199–216.
- [13] S. P. Cordero García, C. P. Chinome Alba y A. d. P. Garzón Bautista (2019) «Emociones y habilidades comunicativas en la convivencia escolar en la IE Rural del Sur de Tunja,» *Educación Y Ciencia*, nº 22, p. 203–219.
- [14] Alcaldía Duitama, «Plan de Desarrollo Municipal 2020 - 2023,» (2020) [En línea]. Available: <https://www.concejomunicipaldeduitama.gov.co/wp-content/uploads/2019/10/PDM-ABRIL-30.pdf>. [Último acceso: 21 03 2022].
- [15] L. Buendía Eisman, M. d. P. Colás Bravo y F. Hernández Pina (1998) *Métodos de Investigación en Psicopedagogía*, Madrid: McGraw-Hill.
- [16] G. Guevara Alban, A. Verdesoto Arguello y N. Castro Molina (2020) «Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción,» *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, vol. 4, nº 3, pp. 163-173.
- [17] Medicina Legal, «Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses,» 10 01 2022. [En línea]. Available: <https://www.medicinalegal.gov.co/cifras-estadisticas/forensis>. [Último acceso: 21 02 2022].

MODELACIÓN ECONOMÉTRICA Y ESTOCÁSTICA EN LOS PRONÓSTICOS DE VENTAS DE JENGIBRE EN ECUADOR

Econometric modeling and sales forecasts of ginger rhizome in Ecuador

¹Ángel Ramón Sabando García, ²Mikel Ugando Peñate, ³Reinaldo Armas Herrera, ⁴Ángel Alexander Higuerey Gómez, ⁵Grace Margarita Espín Estrella, ⁶Antonio Villalón Peñate

¹⁻² Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Santo Domingo. Escuela de Ciencias Administrativas y Contables. Grupo FINNOVAPLAN, Ecuador. ³⁻⁴ UTPL, San Cayetano Alto S/N, Loja, Ecuador. Grupo FINNOVAPLAN. ⁵⁻⁶ Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Santo Domingo de Los Tsáchilas. Escuela de Ciencias Administrativas y Contables. Grupo FINNOVAPLAN, Ecuador. Email: ¹arsabando@pucesd.edu.ec, ²mugandop@pucesd.edu.ec, ³ahreinaldo@utpl.edu.ec, ⁴aahiguerey@utpl.edu.ec, ⁵gmespine@pucesd.edu.ec, ⁶avillalonp@pucesd.edu.ec

(Recibido mayo 13 de 2022 y aceptado 13 de junio de 2022)

RESUMEN

La modelación econométrica y estocástica son herramientas relevantes para la realización de pronósticos. Esta investigación tuvo como objetivo principal el estudio de la modelación econométrica y estocástica en los pronósticos de ventas de jengibre en Ecuador. Considerando variables endógenas y exógenas de carácter aleatorio continuo. Los datos financieros se registraron mensualmente por la empresa Nature Product Gingerdale Cía. Ltda., de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. Para los cuales se consideraron las variables econométricas como: precio/kg., Cantidad exportada/kg y niveles de ventas/miles de dólares. Particularmente, este estudio se enfocó en la dinámica financiera que han tenido estas cuentas desde el año 2016 hasta el año 2019. A partir de estos datos se realizó una proyección hasta el año 2021. Para el análisis matemático, estadístico y gráfico se utilizó las técnicas estadísticas de la regresión lineal simple y series de tiempo mediante el software SPSS versión 25. Los resultados muestran una alta covarianza, ejercida por el número el precio/kg cuya predicción se ajusta a un modelo ARIMA (0,1,0) (0,0,0), con respecto a la exportación/kg se ajusta ARIMA(2,0,0)(1,0,0) y en función a las ventas/miles de dólares a un modelo ARIMA(0,0,0)(0,0,0). En consecuencia, como conclusión, se obtuvo que el modelo estocástico representa un mejor pronóstico de las ventas, precio y kilogramos exportados de jengibre, al presentar los coeficientes significativos y menores errores de predicción y, por defecto, la simulación es alentadora para la producción y exportación de jengibre para el Ecuador.

Palabras clave: *econometría, estadísticas científicas, previsión, producción, series temporales*

ABSTRACT

Econometric and stochastic modeling are highly relevant tools for forecasting. The main objective of this research was the study of econometric and stochastic modeling in ginger sales forecasts in Ecuador. Considering endogenous and exogenous variables of a continuous random nature. The financial data was recorded monthly from the company Nature Product Gingerdale Cía. Ltda., from the province of Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. For which the econometric variables were considered such as: price/kg., Quantity exported/kg and sales levels/thousands of dollars. In particular, this study was focused on the financial dynamics that these accounts have had from 2016 to 2019. From these data, a projection was made until 2021. Statistical techniques were used for the mathematical, statistical and graphic analysis of simple

linear regression and time series using SPSS version 25 software. The results show a high covariance, exerted by the price/kg number whose prediction fits an ARIMA (0,1,0) (0,0,0), with respect to exports/kg ARIMA (2,0,0) (1,0,0) is adjusted and based on sales/thousands of dollars to an ARIMA (0,0,0) (0,0,0). As a consequence, in conclusion, it was obtained that the stochastic model represents a better forecast of sales, price and exported kilograms of ginger, by presenting significant coefficients and lower prediction errors and, by default, the simulation is encouraging for the production and export of ginger to Ecuador.

Key Words: *econometrics, scientific statistics, prediction, production, time series.*

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, los modelos econométricos y estocásticos han tomado una gran importancia en la exportación de ventas de fruta no tradicionales. A partir de lo anterior, se permite inferir una alta covarianza ejercida por el número de cajas exportadas con respecto a las ventas; de esta manera, las predicciones se ajustan a un modelo ARIMA (0,1,0) (1,1,0) en función de las ventas y, para la producción de cajas exportadas, se ajusta a un modelo aditivo ARIMA (0,0,0) (0,0,0) [1]. Por lo tanto, el uso de un modelo econométrico resulta el éxito empresarial, mejorando la calidad, innovación y planeación estratégica como los factores de mayor relevancia [2].

En esta misma línea, [3] encontraron evidencias significativas en el uso de modelo econométrico y estocástico, el comportamiento de la exportación de fruta (Pitahaya) demostrando una tendencia positiva y significativa. Por su parte, [4] mediante un análisis econométrico demostró que el jengibre tiene un crecimiento con tendencia positiva para el Ecuador durante el año 2019, las exportaciones de productos no tradicionales hacia los mercados internacionales superaron los \$35,3 millones de dólares. En tal sentido, la demanda de jengibre ha aumentado en el mercado global por efecto de la pandemia [5]. Por su parte, [6], concluyeron que el modelo econométrico, ofrece un error de estimación (MAPE) aceptable, en comparación con otros métodos más elaborados, expuestos como referencias, cuyos errores varían entre 1% y 20%.

Paralelamente, [7] describieron que la simulación estocástica con el modelo ARIMA, comparados con los datos observados, muestran un ajuste adecuado de los valores mínimos y máximos. Esto permite concluir que, aunque estos modelos no simulan el comportamiento exacto en el tiempo, son una buena herramienta para aproximar eventos mínimos y máximos. Por su parte, [8] indicaron que los modelos univariantes llamados ARIMA, en función del tiempo, indican la estructura probabilística y el patrón teórico de comportamiento. La ventaja de un modelo ARIMA radica en que no requiere otras series de datos referidas al mismo periodo, y ahorra la identificación y especificación del modelo aplicando econometría tradicional. En este sentido, los modelos estocásticos o series temporales son considerados como series estacionarias y no estacionarias. [9]

En el marco de la modelación estocástica, [10] desarrollaron modelos estadísticos o estocásticos para series temporales que tienen en cuenta la dependencia existente entre los datos, esto es, cada observación en un momento dado es modelada en función de los valores anteriores. Los análisis se basan en un modelo explícito; de esta manera, los modelos se conocen con el nombre genérico de ARIMA (AutoRegresive Integrated Moving Average), que deriva de sus tres componentes AR (Autoregresivo), I(Integrado) y MA (Medias Móviles).

En concordancia, un proceso estocástico es un conjunto de variables aleatorias que depende de un parámetro o de un argumento. En el análisis de series temporales, ese parámetro es el tiempo. Formalmente, se define como una familia de variables aleatorias Y , indicadas por

el tiempo, t . Tales que, para cada valor de t , Y tiene una distribución de probabilidad dada.

En [11], los gráficos de los correlogramas son muy utilizados de acuerdo a los residuos, para los análisis financieros y en la predicción financiera. Ahora bien, los investigadores [12-14] concuerdan en el hecho, que el modelo ARIMA está definido por un parámetro $(p,d,q) \times (P,D,Q)$ donde P , D y Q representan el orden de la parte estacional autorregresiva, de la diferenciación estacional, y de la parte estacional del promedio móvil, respectivamente; y , es la longitud del ciclo estacional. En cuanto a las técnicas más empleadas para predecir las ventas, son la modelación de regresión lineal y el modelo autorregresivo integrado de media móvil conocido como ARIMA [15].

En este mismo sentido, [16] mencionó que la modelación estocástica se recomienda para el estudio del comportamiento de los precios. Por otro lado, el modelado y pronóstico de datos de series de tiempo tiene una importancia fundamental en varios dominios prácticos como la econometría [17]. Bajo esta misma premisa, los académicos en [18] indicaron que el modelo estocástico adecuado para describir el comportamiento temporal de las descargas medias anuales en la cuenca del río Santa es el modelo estocástico AR (1).

De otro lado, en [19] confirmaron que los modelos estocásticos que se utilizaron en la modelación financiera del sector manufacturero ayudaron a determinar la salud financiera de la empresa a largo plazo, brindando parámetros eficientes en cuanto a la determinación de los fondos externos requeridos.

En otro caso, se hace uso de la modelación financiera para estimar volúmenes de exportación de Pitahaya, los cuales presentaron un mayor ajuste fueron las series de tiempo, y el modelo de la regresión lineal [20]. De acuerdo con [3], manifiestan que las regresiones lineales mostraron alta precisión en algunas variables de crecimiento en los tallos de pitahaya, lo cual podría ser una herramienta eficaz para generar cuantificaciones de crecimiento en el

cultivo y a su vez, a los cálculos de los pronósticos de esta fruta con fines de exportación.

De tal manera que, [21], mediante el análisis de la regresión lineal manifestaron que el precio propio de la producción de fruta, el precio de exportación y, el tipo de cambio del dólar frente a otra moneda, son factores que inciden positiva e intensamente en las ventas de exportación de pulpa de fruta de pitahaya.

Otras investigaciones, tal como lo indican en [22], destacan la importancia de los modelos de regresión lineal, simple y múltiple, con el fin de establecer las bases para modelar la relación entre las variables. Por su parte, [23], informa que el modelo de regresión lineal múltiple el que mejor ajustó los datos de las mediciones del proceso, con mejor coeficiente de determinación R^2 (0,8124) y menor criterio de información de Akaike (459,25).

En este mismo orden de ideas, los investigadores en [24] identificaron que en el análisis de ecuaciones de regresión las variables explicativas inciden sobre la variable dependiente. De otro lado, [25] concluyeron que el análisis de regresión lineal simple, como parte de la inferencia estadística, es fundamental para determinar relaciones de dependencia lineal entre variables y establecer su validez con el fin de hacer estimaciones y predicciones dentro de un intervalo de confianza deseado.

El investigador en [26] menciona que el modelo econométrico se ajusta muy bien a la serie de la cartera comercial de los bancos privados grandes, esta herramienta permite estimar y predecir el comportamiento de los créditos comerciales. A su vez, [27], manifiestan que el uso de un modelo econométrico ayuda a un mecanismo de transmisión de cambios y ajustes de la variable Inversión en este sector de la construcción en Ecuador, sus efectos en la Economía directamente con la generación y calidad de empleo y sus consecuencias.

En esta misma línea, [28], mencionan que, en el marco de la modelación econométrica, establecieron como variable independiente el valor total de las exportaciones

y como variable dependiente el valor total del PIB y los resultados indicaron que existe una relación positiva fuerte. Al respecto, [29], mencionaron que el modelo de regresión lineal se trata de una técnica aplicada en una amplia variedad de situaciones para predecir fenómenos diversos, poniendo en juego más de dos variables que se exploran y cuantificando la relación entre la variable dependiente y las variables independientes.

Por otra parte, [22, 30], manifiestan que los modelos de regresión simple y múltiple presentan las características ideales para el tratamiento de variables cuantitativas que responden según las variables predictoras o regresoras en función de los resultados. En este mismo escenario, [31], determinaron que el modelo de regresión múltiple es una opción que se presenta como columna vertebral para predecir en empresas multinacionales de venta por catálogo.

Así también, [32], mencionaron que el modelo econométrico destaca que los indicadores de gestión de capital de trabajo explican las fluctuaciones de rentabilidad del activo, en donde, la variable independiente que mayor incidencia genera en la rentabilidad es la rotación de ventas, puesto que su significancia se replica en tres años consecutivos y las pruebas de bondad de ajuste son relevantes y los coeficientes diferentes de cero.

Sin embargo, [12], hacen notar que para aplicar estos métodos es necesario considerar los supuestos de la normalidad de Kolmogorov-Smirnov, homocedasticidad de Levene, aleatoriedad (rachas) y la autocorrelación de los residuos de Durbin y Watson. Con una mínima multicolinealidad entre las variables, y un comportamiento estadístico de residuos normales, aleatoriedad y con amplia estabilidad en la varianza [31]. Al respecto, [33] destacan que los modelos de series temporales permiten efectuar pronóstico y predicción en el cálculo de asignaciones financieras.

Por su parte, [34] indican que unos de los métodos propuestos para la predicción de las ventas en las empresas se hace mediante la metodología Box-Jenkins,

la cual posibilita el análisis de series temporales ARIMA y que mejor se ajustan a las ventas. Los resultados obtenidos para el caso de Amazon.com arrojan tasas de crecimiento anual de los ingresos que oscilan entre el 5% y el 15% para el último año del análisis. Sin embargo, la evolución de modelos determinísticos a estocásticos representa un incremento en la complejidad, lo que obliga a desarrollar nuevos métodos de solución con capacidad de encontrar soluciones factibles [35].

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Esta investigación contempló tres objetivos específicos: 1) Realizar los pronósticos de las ventas de jengibre mediante las influencias de las variables precio y kilogramos exportados, utilizando la técnica econométrica de la regresión lineal simple; 2) Pronosticar el comportamiento de las ventas, kilogramos exportados y precio del jengibre empleando la técnica estocástica del modelo ARIMA. 3) Contrastar la eficiencia del modelo econométrico y estocástico sobre las variables financieras del jengibre.

A partir de lo anterior, se formulan las siguientes hipótesis: a) existe un mejor pronóstico de las ventas de jengibre explicada por el precio y kilogramos exportados con el uso de la técnica econométrica de la regresión lineal simple; b) existe una mayor predicción del precio, los kilogramos exportados y ventas de jengibre con el uso de la técnica estocástica del modelo ARIMA; c) el modelo estocástico predice con mayor eficiencia el precio, kilogramos y ventas de jengibre, a diferencia del modelo econométrico de la regresión lineal.

3. METODOLOGÍA

En esta investigación de naturaleza prospectiva y retrospectiva por considerar al tiempo como variable fundamental, en ella se empleó la técnica econométrica de la regresión lineal simple y en el caso de la modelación estocástica se hizo uso de la técnica del modelo autorregresivo integrado de media móvil (ARIMA). Ahora bien, para el caso, de la regresión lineal simple participó como variable respuesta las ventas en miles

de dólares de jengibre y como variables explicativas el precio y kilogramos exportados. Con respecto al modelo estocástico participaron como variables endógenas; el precio, kilogramos exportados y ventas como variables explicativas el tiempo desde el año 2016 hasta el año 2019.

Por lo tanto, los datos se recolectaron desde el inicio de enero del 2016 hasta el cierre del año 2022 acordes con los datos emitidos por la empresa Nature Product Gingerdale Cía. Ltda. Estas variables aleatorias continuas se analizaron y se pronosticaron con el paquete estadístico SPSS para Windows versión 25. Con dicha información se realizó una modelación probabilística estocástica con el uso del método de la regresión lineal, cuya fórmula se describe:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 + \varepsilon_1 \quad (1)$$

Para el caso de los pronósticos a través de la variable aleatorias ventas en miles de dólares en función de las variables explicativas: precio en dólares en kilogramos y número de kilogramos exportados de jengibre. A partir de esta modelación lineal se procedió a realizar un Modelo autorregresivo de promedio móvil ARIMA [10]. A partir de la fórmula

$$Y_t = c + (1 + \varphi_1) * y_{t-1} - \varphi_1 * y_{t-2} + e_t - \theta_1 * e_{t-1} \quad (2)$$

Antes y durante de la aplicación de las técnicas econométricas y estocásticas se procedió a validar los modelos mediante los supuestos que se detallan a continuación: para el caso de la regresión lineal simple (econométrica) se validó la normalidad residual, igualdad de varianzas, colinealidad, independencia de los residuos (aleatoriedad), la autocorrelación de los residuos de Durbin y Watson. Para el efecto de la modelación estocástica se identificó si las series de tiempo eran estacionaria o no estacionaria.

Las variables financieras kilogramos exportados y ventas de jengibre fueron variables no estacionarias y el precio, por consiguiente, fue necesario transformar estas dos variables a una serie de tiempo estacionaria mediante la

diferencia de media móvil y el logaritmo natural según el criterio de Akaike, paralelamente, se sometieron a las pruebas de bondades de ajuste de T de student, Ljung Box para identificar la rigurosidad del modelo y su eficacia en la predicción.

En el marco de esta investigación se empleó una muestra inicial de 48 observaciones (casos) registrada mensualmente para el estudio retrospectivo; por otro lado, para el prospectivo o futurista se empleó un pronóstico mensual hasta el año 2021. De manera general, se tuvo como muestra un total de 72 casos para las variables número de kilogramos exportados, precio del kilogramo en dólares y ventas en miles de dólares, respectivamente.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inicialmente, se realiza un pronóstico de las variables econométricas mediante la técnica de la regresión lineal simple, que contempla el objetivo 1 de esta investigación. Por lo tanto, en la Tabla 1 y Figura 1 y 2, correspondiente a los resultados, se visualiza los datos reales de los precios, kilogramos exportados y las ventas en miles de dólares con su respectivo pronóstico del análisis econométrico de rizoma de jengibre dirigido hacia el mercado local e internacional por la empresa Nature Product Gingerdale Cía. Ltda.

Cabe resaltar que, desde enero del año 2016 hasta el cierre del año 2019, evidenciándose el crecimiento de los precios (ver Figura 2), así como, el número de kilogramos exportados (ver Figura 1) y el reporte de las ventas en miles de dólares.

En dicho análisis descriptivo se observa el precio inicial de 1,15 dólares/kg con un pronóstico de suavización bimestral de 1,16 dólares. Paralelamente, se reporta la cantidad de jengibre exportado que, inicialmente, es de 1.014 kg. Además, se evidencia las ventas obtenidas en miles de dólares de 1166,10 dólares y una predicción de 1877,59 dólares.

No obstante, en la culminación de este estudio se ve un notable crecimiento para todos los estados financieros, así que, el precio de kilogramos de jengibre subió a 1,37 dólares en promedio con una variación de 1,39 dólares. De igual manera, se reporta para el número de kilogramos exportados de 6046,88 kg con una variación pronosticada de 6169,07 y a su vez, las ventas se incrementaron hasta

6410,09 dólares y con una predicción ajustada de 6473,67 dólares obtenidos por las ventas de rizoma de jengibre. Por lo tanto, a través de los resultados y mediante un análisis econométrico se demostró que el jengibre tiene un crecimiento con tendencia positiva para el Ecuador durante el año 2019 [4].

Pronósticos de las ventas de jengibre mediante las influencias de las variables precio y kilogramos exportados

Tabla 1. Comportamiento de los pronósticos de ventas, producción (kg) y precio del rizoma de jengibre. 2016-2019

Meses del año	Precio/venta	Pronóstico/precio	Kilogramos	Pronóstico/kg.	Ventas/dólares	Pronóstico/ventas (\$)
1/1/2016	1,15		1014,00		1166,10	
1/2/2016	1,19	1,16	1760,00	6141,01	2038,00	1877,59
1/3/2016	1,22	1,20	1400,00	3286,05	1644,00	2241,63
1/4/2016	1,17	1,23	4766,90	4125,91	5004,30	2211,37
1/5/2016	0,98	1,18	12686,44	3754,03	3641,99	3091,49
1/6/2016	1,02	0,99	10822,00	6224,88	8938,00	3496,69
1/7/2016	1,29	1,03	1587,90	9323,89	2046,77	4783,11
1/8/2016	1,32	1,30	5721,38	8731,79	6167,79	4177,76
1/9/2016	1,70	1,33	1144,80	3954,34	1946,16	4921,58
1/10/2016	2,20	1,71	1507,80	6711,95	3317,16	4243,36
1/11/2016	2,17	2,22	3406,20	3454,80	7194,74	4295,30
1/12/2016	2,20	2,19	1295,20	3870,75	2980,34	5189,82
1/1/2017	1,15	2,22	1014,00	5418,54	1166,10	4891,37
1/2/2017	1,19	1,16	1760,00	3635,38	2038,00	3762,73
1/3/2017	1,22	1,20	1400,00	3286,05	1644,00	3499,48
1/4/2017	1,17	1,23	4766,90	4125,91	5004,30	3149,66
1/5/2017	0,98	1,18	12686,44	3754,03	3641,99	3755,17
1/6/2017	1,02	0,99	10822,00	6224,88	8938,00	3995,15
1/7/2017	1,29	1,03	1587,90	9323,89	2046,77	5154,11
1/8/2017	1,32	1,30	5721,38	8731,79	6167,79	4462,96
1/9/2017	1,70	1,33	1144,80	3954,34	1946,16	5152,15
1/10/2017	2,20	1,71	1507,80	6711,95	3317,16	4410,15
1/11/2017	2,17	2,22	3406,20	3454,80	7194,74	4424,82
1/12/2017	2,20	2,19	1295,20	3870,75	2980,34	5303,24
1/1/2018	2,20	2,22	1292,30	5418,54	2843,06	4975,00
1/2/2018	2,20	2,22	1526,10	3635,38	3357,42	4685,12

1/3/2018	1,70	2,22	1190,90	3632,02	1910,06	4648,51
1/4/2018	1,46	1,71	2902,30	3890,07	4493,28	4057,03
1/5/2018	1,39	1,47	5191,40	3511,56	6910,90	4450,40
1/6/2018	1,18	1,40	6806,80	5072,05	7644,00	5277,59
1/7/2018	1,16	1,19	6344,00	6447,97	6882,96	6158,80
1/8/2018	1,20	1,17	1703,20	7210,88	2043,84	6770,05
1/9/2018	1,12	1,21	17026,20	7004,32	17265,04	5503,20
1/10/2018	1,30	1,13	2812,00	4070,42	3582,60	7674,98
1/11/2018	1,52	1,31	11889,30	10527,83	19470,02	6898,32
1/12/2018	1,57	1,53	1444,60	5006,31	2210,09	9388,89
1/1/2019	1,60	1,58	20696,50	9077,46	37003,32	7206,44
1/2/2019	1,33	1,61	15836,00	3802,94	19166,59	11259,55
1/3/2019	1,04	1,34	9696,00	11411,23	8140,20	13638,14
1/4/2019	1,05	1,05	24826,10	10217,59	21647,33	12972,94
1/5/2019	0,91	1,06	14146,96	8344,66	15956,40	15641,42
1/6/2019	0,85	0,92	9439,60	12301,14	6539,04	16835,87
1/7/2019	0,86	0,86	9305,90	9752,82	6447,51	14504,10
1/8/2019	0,86	0,87	8530,00	8252,86	5632,20	12890,32
1/9/2019	0,88	0,87	2791,43	8204,41	2144,00	11410,65
1/10/2019	1,00	0,89	9305,90	7914,82	6447,51	8314,70
1/11/2019	1,00	1,01	8530,00	4991,16	5632,20	8401,17
1/12/2019	0,92	1,01	2791,43	8204,41	2144,00	8208,39
Promedio	1,37	1,39	6046,88	6169,07	6410,09	6473,67

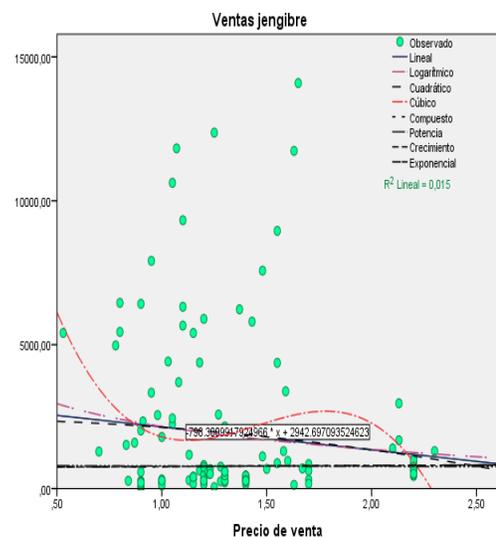
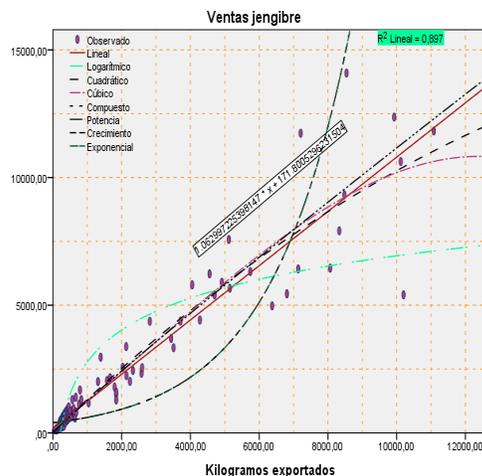


Figura 1 y 2. Modelación lineal simple de las ventas por efecto de los kilogramos exportados y precio del Jengibre. 2016-2019

Dentro de las Figuras 1 y 2, se complementa sintomáticamente el crecimiento financiero de las variables causales sobre las ventas de jengibre mediante las gráficas lineales y no lineales; nótese que el modelo se ajusta específicamente a un modelo lineal.

Ahora bien, para complementar estos modelos econométricos es necesario considerar los supuestos para tener una mayor confiabilidad del modelo. Inicialmente, se procedió a realizar el supuesto de la normalidad para los residuos del modelo de la regresión lineal simple, dada esta contextualización los residuos para el modelo de cantidad de kilogramos exportados y para el precio de jengibre no se distribuyeron normalmente, los mismos que se evidencian en la Tabla 3 de resultados, reportando que la prueba de Kolmogorov-Smirnov demuestra no normalidad residual ($p < 0,05$), dado este suceso los datos de los precios y de los kilogramos exportados no provocan distribución normal para el modelo de la regresión lineal, esto se debe, probablemente, a las inestabilidad de los precios y la poca producción de jengibre provocando ventas y producciones muy dispersas durante el año 2016 hasta el 2019. Por lo tanto, es necesario considerar los supuestos de la normalidad, homocedasticidad, aleatoriedad [12].

De acuerdo con este comportamiento se procede a realizar el supuesto de la colinealidad a través del índice de tolerancia y a su vez, mediante el factor de la inflación de la varianza (FIV), en donde en la Tabla 2, se observa que no existe correlación entre las variables independientes, debido a que el índice de tolerancia se acerca a 1 y, de la misma forma, el FIV reporta valores inferiores a 5.

No obstante, dado este comportamiento no existe problemas de la colinealidad del precio en función de kilogramos exportados de rizoma de jengibre, demostrando independencia. En este sentido, debe presentarse una mínima multicolinealidad entre las variables, aleatoriedad y estabilidad en la varianza [12,31].

Simultáneamente, se corroboran estos resultados con el supuesto de autocorrelación de los residuos,

la cual se confirma con el estadístico Durbin y Watson, manifestando un valor de 2,01 para los precios, mientras que, para el número de kilogramos exportados plasmó 1,52, es decir, existe independencia residual según se muestra en Tabla 3, es decir los residuos del modelo deben ser independientes.

Al contemplar estos escenarios se permite inferir que existe poco ruido o errores en los movimientos de los estados financieros de la empresa Nature Product Gingerdale Cía. Ltda., estos resultados permiten interpretar que el precio del kilogramo de jengibre está dado por las condiciones del rizoma, así como, por las exigencias del mercado internacional, provocando una dispersión alta para el precio promedio del jengibre. Además, la demanda de jengibre ha aumentado en el mercado global por efecto de la pandemia [5].

Tabla 2. Dinámica de la normalidad residual y colinealidad (FIV) del modelo de la regresión lineal por efecto de los precios y kilogramos exportados sobre las ventas de rizoma de jengibre. 2016-2019.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra			
		Unstandardized Residual kg exportados	Unstandardized Residual precio de venta
N		48	48
Parámetros normales ^{a,b}	Media	0,000	0,000
	Desviación típica	905,6262724	2807,806401
Diferencias más extremas	Absoluta	0,276	0,253
	Positiva	0,254	0,253
	Negativa	-0,276	-0,216
Z de Kolmogorov-Smirnov		3,265	2,994
Sig. asintót. (bilateral)		0,000	0,000
Modelo econométrico (Constante)	Estadísticas de colinealidad		
		Tolerancia	VIF
	Precio	0,829	1,207
	kg/exportado	0,829	1,207

Tabla 3. Modelación lineal simple de las ventas por efecto de los precios y los kilogramos exportado de rizoma de jengibre. 2016-2019

Resultado	Modelo		ANOVA				Coeficientes de regresión						Variable explicativa
	R	R ²	Durbin-Watson	F	P	C. no esta.		C. esta	T	P	Intervalo de confianza de 95,0% para B		
						B	E. típ.	Beta			Límite inferior	Límite superior	
Ventas de Jengibre						2942,70	792,76		3,71	,000	1375,17	1375,17	(Constante)
	0,121	,015	2,01	2,05	0,155	-798,30	558,19	-,121	-1,43	,155	-1902,00	-1902,00	Precio de venta
						171,80	90,90		1,89	,061	-7,94	351,54	(Constante)
	0,947	,897	1,52	1208,19	0,000	1,06	0,03	,947	34,76	,000	1,00	1,12	Kilogramos exportados

Variables predictoras: (Constante), Kilogramos exportados; Precio de venta; Variable dependiente: Ventas jengibre

Previamente, se ilustró en las Figuras 1 y 2 la presencia sintomática de crecimiento en el precio y el número de kilogramos exportados en función de las ventas, un escenario de tendencia lineal positiva.

Enhorabuena, estos datos fueron favorables para hacer uso del modelo de la regresión lineal con sus respectivos coeficientes estandarizados y no estandarizado que se ajustan al mejor modelo econométrico según tabla 3. Con respecto, a la aportación de la variable precio y su incidencia sobre las ventas es muy bajo (-12,10%) que aporta con un modelo de $= 2942,70-798,39X_1$. De la misma forma, el análisis de la varianza (ADEVA) y el estadístico T de student para muestra relacionada no demostraron significancia estadística al 5%.

Como se puede observar estos resultados permiten deducir que el modelo econométrico para el precio de jengibre, no es óptimo para la predicción de esta variable sobre las ventas. Resultados que contradice a [21], mediante el análisis de la regresión lineal manifestaron que el precio propio de la producción de fruta, el precio de exportación y el tipo de cambio del dólar frente a otra moneda son factores que inciden positiva e intensamente en las ventas.

En concordancia con lo anterior, la Tabla 3 reporta el aporte de la variable número de kilogramos exportados sobre las ventas y con su respectivo modelo econométrico. En este sentido, la fuerza que ejerce esta variable es significativa de 94,70% (0,947) sobre las ventas resultados que se pueden evidenciar también en el coeficiente beta.

A partir de dicho aporte, el coeficiente estandarizado o modelación econométrica es $=171,80+1,06X_1$. De la misma forma, esto se complementa con el análisis de la varianza (ADEVA) en la cual demuestra significancia estadística de acuerdo a Fisher ($F=1208,19$; $P<0,001$) y, de la misma forma, lo hace el estadístico T de student para muestra relacionada ($T=34,76$; $P<0,001$) y con valores de la media situada dentro de los intervalos de confianza al 95%.

En tal sentido, en [31] determinaron que el modelo de regresión múltiple es una opción que se presenta como columna vertebral para predecir las ventas. Así que, el modelo econométrico destaca que la variable independiente que mayor incidencia genera en la rentabilidad es la correspondiente a la rotación de ventas, en consecuencia, las pruebas de bondad de ajuste son significativas y los coeficientes diferentes de cero [32]. Así también, muestra una alta precisión en algunas variables de crecimiento, siendo una herramienta eficaz para los cálculos de pronósticos de esta fruta con fines de exportación [3]. En este caso, los modelos de regresión simple y múltiple presentan las características ideales para el tratamiento de variables regresoras en función de los resultados [22,30].

Pronóstico de las ventas, kilogramos exportados y precio del jengibre empleando la técnica estocástica del modelo ARIMA.

El pronóstico de las ventas, kilogramos exportados y precio del jengibre a través del uso de la modelación estocástica mediante la técnica estadística del modelo autorregresivo integrado de media móvil (ARIMA) que contempla al objetivo 2 de esta investigación. En dónde se consideró como variables endógenas: precio, número de kilogramos exportados y ventas en miles de dólares de rizoma de jengibre como variables en función del tiempo.

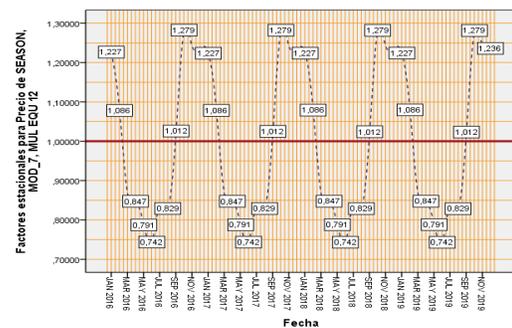


Figura 4a

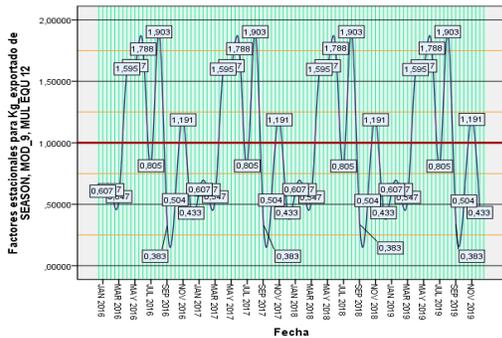


Figura 4b

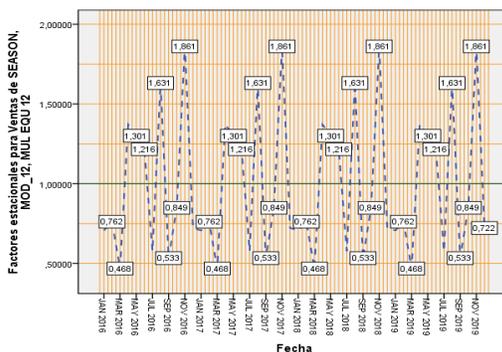


Figura 4c

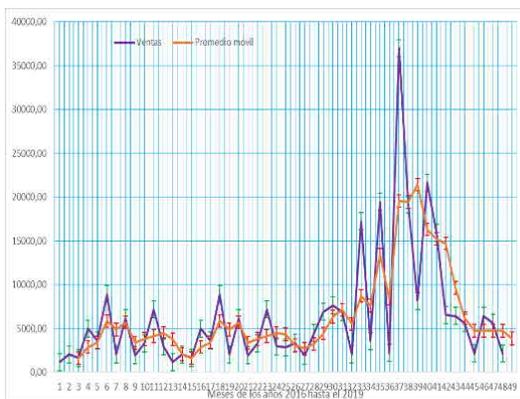


Figura 4a; 4b; 4c y 4d. Dinámica de la estacionalidad para los precios, kilogramos exportados, ventas en miles de dólares y comportamiento del promedio móvil de las ventas de rizoma de jengibre. 2016-2019

En este sentido, se evidencia en las Figuras 4a, 4b, 4c y 4d el comportamiento de la estacionalidad para estas variables, en donde, paralelamente, se observa el comportamiento del promedio móvil de las ventas consideradas como variable endógena principal para un

análisis estocástico y, de predicción al evidenciarse en esta última una serie de tiempo no estacionaria, es decir, las medias son diferentes a través del tiempo como lo detalla [33], quienes destacan que los modelos de series temporales permiten efectuar pronóstico y predicción en el cálculo de asignaciones financieras. Además, los modelos estocásticos o series temporales son series estacionarias y no estacionarias [9].

Referente al comportamiento de la predicción de los precios, kilogramos/exportados y ventas en miles de dólares de rizoma de jengibre considerada como variables endógenas según la Tabla 4, reporta un modelo autorregresivo integrado de media móvil ARIMA (0,1,0) (0,0,0) para el precio con sus respectivos parámetros que intervienen durante el proceso de la predicción como: MAE (0,147), MaxAPE (90,879), MaxAE (1,045) y el índice de coeficiente Bayesiano (BIC=-2,725) y a la vez autorregresivo de acuerdo la prueba de Ljung-Box Q(18) presentó un valor de significancia de 0,236 (P>0,05), demostrado para la predicciones de los precios de retardo residual.

Dado este escenario, permite deducir que, el precio del jengibre es estable provocando ruido blanco, aunque se debe dejar claro que hubo una pequeña variación al crecimiento, ocasionado, probablemente, por el efecto de la pandemia covid 19. En tal sentido, la modelación estocástica recomendada para el estudio del comportamiento de los precios [16]. De tal manera que, el modelado y pronóstico de datos de series de tiempo guarda gran importancia en varios dominios prácticos como la econometría, [14,18]. En sintonía con lo anterior, la simulación estocástica con el modelo ARIMA, comparados con los datos observados, muestran un ajuste adecuado de los valores mínimos y máximos; esto indica tanto la estructura probabilística como el patrón teórico de comportamiento [7,8].

Ahora bien, en concordancia con la modelación del número de kilogramo exportado de jengibre hacia el mercado local e internacional, se evidencia un ARIMA (2,0,0)(1,0,0) con sus respectivos parámetros que intervienen durante este

proceso de la predicción como: MAE (3831,849), MaxAPE (612,028), MaxAE (14857,146) y el índice de coeficiente Bayesiano (BIC=17,511) y la prueba de Ljung-Box Q(16) presentó un valor de significancia de 0,923 ($P>0,05$), dado que este caso manifiesta la presencia de ruido blanco para las ventas. Acorde a este comportamiento, se confirmó que los modelos estocásticos ayudan a determinar la salud financiera de la empresa a largo plazo, brindando parámetros eficientes [19].

Por último, la modelación de ventas en miles de dólares obtenida por las ventas de jengibre dirigidas al mercado local e internacional, donde se obtuvo un ARIMA (0,1,1) (0,0,0) con sus respectivos parámetros que intervienen durante este proceso de la predicción como: MAE

(4297,578), MaxAPE (432,217), MaxAE (29796,882) y el índice de coeficiente Bayesiano (BIC=17,662) y la prueba de Ljung-Box Q(17) presentó un valor de significancia de 0,508 ($P>0,05$), dado este contexto, la variable financiera kilogramos exportados y ventas en dólares de jengibre están controlada y a su vez, plasma la presencia de ruido blanco.

Estos resultados se comparten con [1,3] considerando que los modelos estocásticos en frutas no tradicionales para la exportación, actualmente, han tomado una gran importancia, a corto y mediano plazo para el Ecuador. En efecto, los modelos estocásticos representan un incremento con capacidad de encontrar soluciones factibles [35].

Tabla 4. Comportamiento del modelo ARIMA de los precios, kilogramos exportados y ventas en miles de dólares de rizoma de jengibre en función de ajuste del modelo y la autocorrelación del estadístico Q (Ljung-Box) desde el año 2016 hasta el 2021.

Variable endógenas	Tipo de modelo ARIMA	Estadísticos de ajuste del modelo					Ljung-Box Q(18)		
		R ² estacionaria	MAE	MaxAPE	MaxAE	BIC normalizado	Estadísticos	GL	Sig.
Precio	ARIMA(0,1,0) (0,0,0)	6,005E-16	,147	90,879	1,045	-2,725	37,888	18	0,236
kg/ exportado	ARIMA(2,0,0) (1,0,0)	,281	3831,849	612,028	14857,146	17,511	8,748	16	0,925
Ventas	ARIMA(0,0,0) (0,0,0)	,444	4297,578	432,213	29796,882	17,662	16,231	17	0,223

Tabla 5. Coeficiente del modelo estocástico ARIMA de los precios, kilogramos exportados y ventas en miles de dólares de rizoma de jengibre desde el año 2016 hasta el 2021.

				Estimación	SE	t	Sig.
Precio	Ninguna transformación	Diferencia		1			
		MA, estacional	Retardo 1	-0,486	0,195	-2,493	0,016
kg/ exportado	Logaritmo natural	Constante		8,316	0,368	22,601	0,000
		AR	Retardo 2	0,501	0,126	3,973	0,000
		AR, estacional	Retardo 1	0,475	0,149	3,196	0,003
Ventas	Logaritmo natural	Constante		8,457	0,116	72,847	0,000

Al presentar un escenario favorable el modelo estocástico en la Tabla 4, se procede a realizar el cálculo de los parámetros para cada variable de interés en esta investigación. Así también, respecto a la variable precio del jengibre el modelo estocástico autorregresivo integrado de media móvil ARIMA, presentó un modelo estocástico de orden 1 para el precio generando un cambio brusco MA (1), que se valida en el modelo matemático mediante ninguna diferencia para volverlo estacionario.

$$Y_t = 1,00 - 1,007_{t-1} + 0,192_t. \quad (3)$$

Adicionalmente, la variable kilogramos exportado manifestó un modelo de orden AR (2) que representa un modelo estocástico.

$$Y_t = 8,316 + 0,475_{t-1} + 0,501_{t-2} + 0,368_t. \quad (4)$$

Y una bondad de ajuste de acuerdo a la estadística t de student significativo ($p < 0,05$) mediante el criterio de un logaritmo natural se hizo estacionaria. Y, por último, la variable ventas en miles de dólares tributo sin ninguna autocorrelación y plasmó un modelo estocástico.

$$Y_t = 8,475 + 0,116_t. \quad (5)$$

Con una bondad de ajuste significativo de acuerdo al t de student ($p < 0,05$), resultados que se comparten con [33], la presencia de autocorrelación y media móvil para los estados financieros muestran que los modelos ARIMA permiten predecir el precio, de manera favorable, de acuerdo con la cantidad de kilogramos exportados y las ventas de jengibre.

En concordancia con [19] indican que la variable ingresos por ventas genera una confianza para los pronósticos, para trazar proyecciones y el desempeño de los funcionarios en la obtención de mejores resultados futuros respecto a las ventas. Dado el hecho que los parámetros obtenidos están en función del tiempo, indicando la estructura probabilística y el patrón teórico de comportamiento [21].

Ahora bien, para confirmar la presencia del tipo de modelo integrado de media móvil (ARIMA) que se ajusta a los precios de los kilogramos de jengibre de la empresa Nature Product Gingerdale Cía. Ltd., el mediante el correlograma FAS y FAP residual que corresponde a la Figura 5, se evidencia de forma absoluta la presencia de retardo residual ruido no blanco para el precio de jengibre.

Por su parte, el correlograma FAS y FAP residual con diferenciación para el número de kilogramos exportados de rizoma de jengibre, demostró la presencia de ruido blanco, este suceso también se evidencia claramente para las ventas. Según los hallazgos recabados por los investigadores y al compartirlos por [12,14], que dentro de los escenarios de los análisis financieros y en la predicción financiera los gráficos de los correlogramas son muy utilizados de acuerdo con los residuos. En este mismo escenario, estos tipos de gráficos nos permiten inferir que la variable precio, kilogramos exportados y ventas de jengibre van a seguir creciendo o manteniendo su dinámica de comportamiento al no desaparecer las barras de las gráficas FAS y FAP.

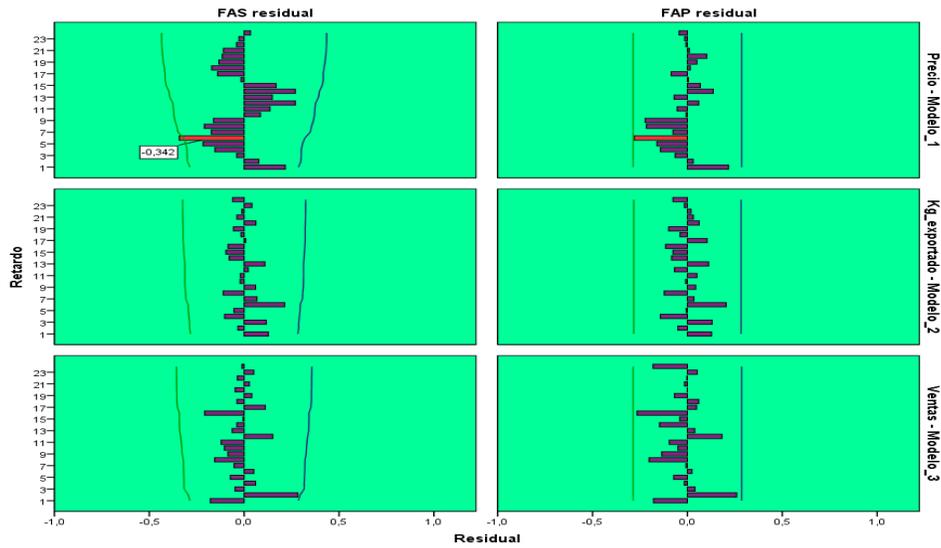


Figura 5. Correlograma para los residuos obtenidos de los precios, kilogramos exportados y ventas en miles de dólares de jengibre.

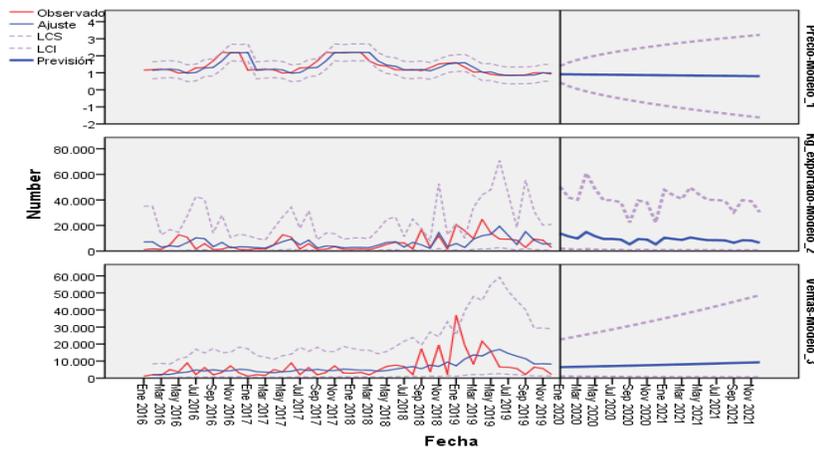


Figura 6. Dinámica de los pronósticos de los precios, kilogramos exportados y ventas de racimo de jengibre desde el año 2020 hasta el año 2021.

En la Tabla 6 y Figura 6 se reportan los pronósticos de los precios, kilogramos exportados y ventas en miles de dólares de rizoma de jengibre desde el año 2020 hasta el año 2021 para la empresa Nature Product Gingerdale Cía. Ltda., demostrando que en aquellas predicciones existe un escenario favorable para la exportación de este bulbo hasta el año 2021, dónde se observa que es, igualmente, confirmado con los límites de control inferior y superior para el precio en kilogramos, kilogramos exportados y ventas en miles de dólares dentro de este estudio.

Estos resultados se comparten con [4] indicando que Ecuador para el año 2019 las exportaciones de productos no tradicionales hacia los mercados internacionales superaron los \$35,3 millones de dólares, con tendencia positiva. Este incremento de las exportaciones de fruta, probablemente, se deba a la alta demanda de los países extranjero por el consumo de esta fruta en estado fresco.

Tabla 6. Dinámica de los pronósticos de las ventas, kilogramos exportados y precio de rizoma de jengibre desde el año 2020 hasta el 2021.

Modelo	Ventas			kg/exportado			Precio		
	Predicción	LCS	LCI	Predicción	LCS	LCI	Predicción	LCS	LCI
Ene 2020	10363,03	21556,27	-830,22	8290,45	17147,53	-566,63	0,72	1,10	0,35
Feb 2020	6468,36	18154,63	-5217,91	7506,60	16753,74	-1740,54	0,68	1,21	0,14
Mar 2020	3152,91	15312,23	-9006,41	5707,68	15329,08	-3913,72	0,49	1,14	-0,16
Abr 2020	8855,64	21470,28	-3759,01	11601,42	21583,06	1619,78	0,41	1,16	-0,34
Mayo 2020	7356,15	20410,25	-5697,95	13463,62	23792,94	3134,30	0,26	1,10	-0,58
Jun 2020	7833,08	21312,31	-5646,15	11758,37	22424,04	1092,70	0,22	1,13	-0,70
Jul 2020	4174,32	18065,68	-9717,04	6992,17	17983,90	-3999,57	0,35	1,34	-0,65
Ago 2020	4821,22	19112,83	-9470,39	7704,71	19013,11	-3603,69	0,37	1,43	-0,69
Sep 2020	5643,65	20324,60	-9037,30	7812,52	19428,96	-3803,92	0,55	1,67	-0,58
Oct 2020	3984,42	19044,65	-11075,81	6069,08	17985,59	-5847,44	0,87	2,06	-0,31
Nov 2020	9691,23	25121,42	-5738,95	9093,62	21302,85	-3115,60	0,91	2,16	-0,33
Dic 2020	2397,00	18188,48	-13394,48	3992,31	16487,38	-8502,77	0,92	2,22	-0,38
Ene 2021	10363,03	26507,75	-5781,70	8290,45	21065,17	-4484,27	0,72	2,08	-0,63
Feb 2021	6468,36	22958,74	-10022,01	7506,60	20554,79	-5541,59	0,68	2,08	-0,73
Mar 2021	3152,91	19981,83	-13676,01	5707,68	19023,72	-7608,36	0,49	1,95	-0,96
Abr 2021	8855,64	26016,43	-8305,15	11601,42	25180,03	-1977,19	0,41	1,91	-1,09
Mayo 2021	7356,15	24842,51	-10130,22	13463,62	27299,82	-372,58	0,26	1,81	-1,29
Jun 2021	7833,08	25639,07	-9972,90	11758,37	25847,45	-2330,71	0,22	1,81	-1,38
Jul 2021	4174,32	22294,29	-13945,65	6992,17	21329,66	-7345,33	0,35	1,98	-1,29
Ago 2021	4821,22	23249,83	-13607,38	7704,71	22286,40	-6876,98	0,37	2,05	-1,31
Sep 2021	5643,65	24375,81	-13088,50	7812,52	22634,37	-7009,34	0,55	2,27	-1,17
Oct 2021	3984,42	23015,28	-15046,45	6069,08	21127,26	-8989,11	0,87	2,63	-0,89
Nov 2021	9691,23	29016,19	-9633,73	9093,62	24384,49	-6197,25	0,91	2,71	-0,89
Dic 2021	2397,00	22011,64	-17217,65	3992,31	19512,37	-11527,76	0,92	2,76	-0,92

Eficiencia del modelo econométrico y estocástico sobre las variables financieras del jengibre

Finalmente, al contrastar la eficiencia del modelo econométrico frente al modelo estocástico en la realización de los pronósticos de jengibre y, al considerar las variables explicativas el precio en contraste con los kilogramos exportados en función de las ventas para el modelo econométrico, se visualiza en la Figura 7, que este modelo presenta una alta irregularidad en los residuos o volatilidad financiera, de esta manera, se genera una alta

deficiencia del modelo, tal como lo describe [6]. Aquí se observa que el modelo econométrico, ofrece un error de estimación (MAPE) aceptable, en comparación con otros métodos.

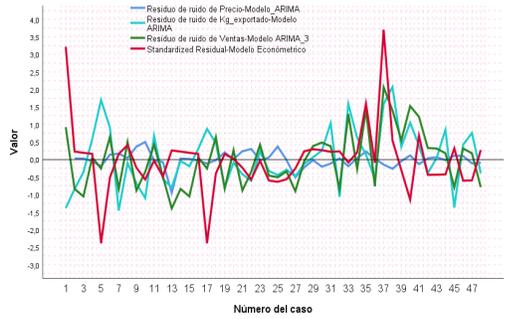


Figura 7. Comportamiento de los residuos de la modelación econométrica y estocástica del jengibre.

En el marco de la eficiencia del modelo de predicción en la Figura 7, también se observa el comportamiento del modelo estocástico para cada variable financiera. En este sentido, el precio, kilogramos exportados y ventas presentan errores menos dispersos, por lo tanto, este tipo de modelo es más eficiente para el pronóstico de jengibre para el Ecuador. Dado que, a todas luces, es el modelo más eficiente para la predicción, pues demuestra una tendencia positiva y significativa [3]. En cuanto al análisis econométrico, este demostró que el jengibre tiene un crecimiento con tendencia positiva para el Ecuador; así también, el modelo estocástico ha tomado una gran importancia en la exportación de ventas de las frutas no tradicionales; evidencia de lo anterior, lo constituye el uso del modelo econométrico como un éxito empresarial [1,2].

5. CONCLUSIONES

El modelo econométrico lineal manifiesta una alta correlación por el número de kilogramos exportados sobre las ventas, sin embargo, el precio presenta una correlación inversamente proporcional. Claramente, esto se evidencia en que el precio del jengibre tiene un crecimiento con tendencia positiva a lo largo del tiempo. No obstante, el precio/kg se ajusta a una predicción de un modelo ARIMA (0,1,0) (0,0,0), con respecto al número de kilogramos/exportados se ajusta a un pronóstico del modelo ARIMA (2,0,0) (1,0,0) y en función a las ventas/ miles de dólares a un modelo ARIMA (0,0,0) (0,0,0), de tal

manera, que el escenario es optimista para la producción y exportación de jengibre para el Ecuador.

La predicción estocástica con el uso del modelo autorregresivo integrado de media móvil, presenta una mayor eficiencia de predicción al presentar parámetros representativos y menores errores residuales para las variables financieras precio, kilogramos exportados y ventas de jengibre.

6. AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo nace en el marco de ejecución del “Proyecto de Investigación: Planeación, Innovación y Modelación Financiera Aplicada desde una perspectiva de finanzas éticas y humanismo cristiano en Pymes seleccionadas de la Zona 4 Manabí, Santo Domingo de los Tsáchilas)” I Convocatoria de proyectos de investigación de universidades administradas por los misioneros Identes 2021. UTPL, PUCE SD y PUCESI.

REFERENCIAS

[1] A.R. Sabando, M. Ugando, E. Cueva, A. Villalón, G. Mendoza & A. Arias (2020) “Modelación productiva y pronósticos de las ventas del cultivo de la pitahaya en Ecuador”, *Revista Sinapsis*, vol. 12, no.1, pp. 106-121. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7571141>

[2] J. Rueda Galvis & M. Rueda Galvis (2017) “Modelo econométrico de gestión exitosa para la empresa familiar colombiana”, *Revista Finanzas Y Política Económica*, vol. 9, no. 2, pp.319–344. <https://doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.2017.9.2.6>

[3] G. Garbanzo, G. Chavarría y E. Vega (2019) “Correlaciones alométricas en *Hylocereus costaricensis* y *H. monacanthus* (pitahaya): una herramienta para cuantificar el crecimiento”, *Agronomía Mesoamericana*, vol. 30, núm. 2, Universidad de Costa Rica. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/437/43759027008/html/index.html>

[4] K. Lucero (2020) “Pitahaya: la fruta exótica más exportada del Ecuador”, *Revista Gestión Digital*,

- Multiplica Ediciones. <https://www.revistagestion.ec/economia-y-finanzas-analisis/pitahaya-la-fruta-exotica-mas-exportada-del-ecuador>
- [5] El productor “Resumen del mercado global del jengibre”. Periódico del campo, [online], 2020. <https://elproductor.com/resumen-del-mercado-global-del-jengibre-4/>
- [6] R. Acevedo Rueda & J.A. Pimentel (2014) “Modelo econométrico para el pronóstico de demanda eléctrica máxima diaria”. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, vol. 18 (70), pp. 4-11. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212014000100001&lng=es&tlng=es.
- [7] T. Guerrero, G. Amaris y H. Ávila (2017) “Aplicación de modelo ARIMA para el análisis de series de volúmenes anuales en el río Magdalena”, *Tecnura*, vol. 21 (52), pp. 88-101. ISSN: 0123-921X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257051186008>
- [8] A. Muñoz-Santiago, J. Urquijo-Vanstrahlengs, J., A. Castro & J. Lombana (2017) “Pronóstico del precio de la energía en Colombia utilizando modelos ARIMA con IGARCH”, *Revista de Economía del Rosario*, vol.20, no. 1, pp. 127-161. DOI: <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/economia/a.6152>
- [9] A. Lama More & S. Huamaní (2012) “Un modelo econométrico de proyección de la demanda futura del flujo vehicular en las concesiones en transporte”, *Pensamiento Crítico*, vol. 17, no. 2, pp. 035-049. <https://doi.org/10.15381/pc.v17i2.8933>
- [10] G.E. Box, G.M. Jenkins & G.C. Reinsel (1994) “Time Series Analysis: Forecasting and Control”, 3ª edition, Englewood Cliffs – Prentice-Hall.
- [11] R.H. Shumway & D.S. Stoffer (2017) “Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples” (Springer Texts in Statistics) 4th edition.
- [12] M. Ugando, A. Villalón, A.R. Sabando, F.S. Pilay & B. Sabando “Pronóstico y modelación financiera aplicada en ventas de las pymes cash. De Santo Domingo, Ecuador 2019”, Red Académica en Finanzas (REDAFIN 2019), VI Encuentro de Investigaciones en Finanzas, 2019. Disponible en: <http://redafin.com.co/redafin/>
- [13] S. Makridakis & M. Hibon (1997) “ARMA Models and the Box-Jenkins Methodology INSEAD”, *France Journal of Forecasting*, vol. 16, pp.147- 163.
- [14] R. Adhikari & R.K. Agrawal (2013) “An Introductory Study on Time Series Modeling and Forecasting”, LAP Lambert Academic Publishing.
- [15] M. Pepió (2001) “Series temporales”, vol.1, Ediciones Univeritat Politecnica de Catalunya, S.L., Barcelona.
- [16] J. F. Moreno Trujillo (2018) “Modelo estocástico para el precio de activos en alta frecuencia basado en procesos de ramificación aleatoriamente indexados”, *ODEON*. (14), pp. 163–181. <https://doi.org/10.18601/17941113.n14.07>
- [17] R. Adhikari & R.K. Agrawal (2002) “An Introductory Study on Time Series Modeling and Forecasting”.
- [18] A.M. Díaz-Salas & E. Guevara (2016) “Modelación estocástica de los caudales medios anuales en la cuenca del río Santa, Perú”, *Revista INGENIERÍA UC*, vol. 23, no. 2, pp.172-185. ISSN: 1316-6832. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70746634009>
- [19] M. Ugando, A. Villalón, A.R. Sabando, D.M. Celi, F.S. Pilay & A. del P. Racines (2021) “Modelización financiera aplicada en empresas del sector manufacturero en la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador”, *Revista De La Universidad Del Zulia*, vol. 12, no. 34, pp. 8-28. DOI: <https://doi.org/10.46925//rdluz.34.02>
- [20] D. Heras (2018) “Factores Determinantes y Proyección de Exportación de Pitahaya en el Ecuador, una Estimación Arima y de Mínimos Cuadrados Ordinarios”, Proyecto de Investigación previo a la obtención del Título de Economista, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Contabilidad y Auditoría. Carrera de Economía. Ambato, Ecuador. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28304/1/T4311e.pdf>
- [21] H. Muñoz-Krieger, E. Guzmán, M.T. De la Garza y J.P. González (2017) “Análisis econométrico de las ventas de pulpa de mango de Frozen Pulps de México SA de CV”, *Pistas Educativas*, vol. 38, no.

- 124, pp. 195-207. México. <http://itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas>
- [22] A. Carrasquilla, A. Chacón, K. Núñez, O. Gómez, J. Valverde & M. Guerrero (2016) "Regresión lineal simple y múltiple: aplicación en la predicción de variables naturales relacionadas con el crecimiento microalgal", *Revista Tecnología en Marcha*, vol.29, no.8, pp. 33-45. DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v29i8.2983>
- [23] J.M. Astorga-Gómez (2014) "Aplicación de modelos de regresión lineal para determinar las armónicas de tensión y corriente", *Ingeniería Energética*, vol.35, no. 3, pp. 234-241, [online] ISSN 1815-5901. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012014000300008
- [24] L. Martínez, J. Linares, R. Martínez & H. Oliva (2015) "Modelos de regresión para la predicción de propiedades de compuestos de PVC considerando el efecto de la dosis de aditivos", *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, vol. 38, no. 3, pp. 266-274, Maracaibo. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702015000300010
- [25] D.F. Cardona, J.L. González, M. Rivera & E.H. Cárdenas (2014) "Aplicación de la regresión lineal en un problema de pobreza", *Interacción*, 12, pp. 73-84. DOI: <https://doi.org/10.18041/1657-7531/interaccion.0.2315>
- [26] A.F. Martínez (2018) "Modelos Econométricos para determinar el comportamiento de la cartera comercial de los bancos privados grandes ecuatorianos en el periodo 2007-2015", Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, Maestría en Finanzas y Gestión de Riesgos, Quito. Disponible en: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6050/1/T2542-MFGR-Martinez-Modelos.pdf>
- [27] J. García-Regalado, C. Freire-Quintero, & H. Moscoso-Miranda (2015) "Modelo Econométrico del sector de la construcción en Ecuador", *Revista Ciencia Unemi*, vol. 8, no 14, pp.37-47. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=582663828006>
- [28] J.J. Cruz-Acosta, L.J. Cartuche-Nagua, L.A. León-Serrano (2021) "Modelo econométrico: Análisis del impacto de las exportaciones en el crecimiento económico del Ecuador, 2009-2019". *Polo del Conocimiento*, vol. 6, no. 9, pp. 2076-2095. ISSN 2550-682X. Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3156/6950>
- [29] R. Vila, M. Torrado & M. Reguant (2019) "Análisi de regressió lineal múltiple amb SPSS: un exemple pràctic", *REIRE Revista d'Innovació i Recerca En Educació*, vol. 12, no. 2, pp. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1344/reire2019.12.222704>
- [30] W. Hopp & M. Spearman (2008) "Factory Physics", 3rd ed. McGraw-Hill Ed. New York.
- [31] A. J. Boada & D. de Vasconcelos (2013) "Modelo estadístico de regresión múltiple, columna vertebral para predecir en empresas multinacionales con estilo de venta por catálogo: A base to predict in catalog selling multinational companies" *Revista Lasallista de Investigación*, vol. 10, no.1, pp. 112-127, [online]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492013000100011&lng=en&tlng=es
- [32] C.A. Valladares, K.V. Sánchez, M. Ugando, M., A.R. Sabando & A. Villalón (2021) "Gestión de capital de trabajo y su efecto en la rentabilidad para el grupo de empresas del sector manufacturero ecuatoriano", *South Florida Journal of Development*, vol. 2, no. 2, pp.2082-2101. ISSN 2675-5459. DOI: <https://doi.org/10.46932/sfjdv2n2-075>
<https://southfloridapublishing.com/ojs/index.php/jdev/issue/view/13>
- [33] J.A. Gallego-Nicasio, A. Rodríguez, A., J. Mínguez & F. Jiménez (2018) "Modelos ARIMA para la predicción del gasto conjunto de oxígeno de vuelo y otros gases en el Ejército del Aire", *Sanid. Mil*, vol.74, no.4 pp.223-229, [online]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4321/s1887-85712018000400002>
- [34] A. Alonso & J. Rojo (2005) "Modelos de estimación de ingresos en empresas de internet", *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 11, no. 2, pp. 27-43. Academia

Europea de Dirección y Economía de la Empresa.
Vigo, España. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/2741/274120419002.pdf>

- [35] R.A. Cuervo-Cruz, J. Martínez-Bernal & J.A. Orjuela (2021) “Modelos logísticos estocásticos aplicados a la cadena de suministro: una revisión de la literatura, *INGENIERÍA*, vol. 26, no. 3, pp. 334-366. DOI: <https://doi.org/10.14483/23448393.16357>

PROPUESTA DE ARQUITECTURA DE UN EXPEDIENTE MÉDICO CON ALEXA Y EL ESTÁNDAR HL7

Proposal for a medical record architecture using Alexa and Standard HL7

Nicol González Ávila¹, Ignacio López Martínez², Beatriz Alejandra Olivares Zepahua³,
Hilarión Muñoz Contreras⁴, Manuel Suárez Gutiérrez⁵

^{1,2,3,4} Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Maestría en Sistemas Computacionales, ⁵Universidad Veracruzana Campus Xalapa
E-mail: ¹glz_nicol@hotmail.com, ²ignacio.lm@orizaba.tecnm.mx, ³beatriz.oz@orizaba.tecnm.mx,
⁴hilarion.mc@orizaba.tecnm.mx, ⁵mansuarez@uv.mx

(Recibido 15 de mayo de 2022 y Aceptado 03 de junio de 2022)

Resumen

Los Asistentes Virtuales son herramientas que permiten facilitar la interacción de los usuarios por medio del lenguaje natural; los cuales se encuentran integrados con inteligencia artificial. En la actualidad, se utilizan estas tecnologías para el desarrollo de aplicaciones o habilidades, mejor conocidas como *Skill's*. En este sentido, y haciendo referencia al Asistente Alexa, empleando un dispositivo físico *Echo Show*, de la compañía a la que pertenece esta herramienta, en articulación con estándares orientados a la salud para la creación de expedientes médicos electrónicos para el apoyo al personal de la salud. Así también, se va a usar una versión de los estándares empleados por *Health Level Seven* (HL7) la cual es una organización dedicada al desarrollo de normas orientadas a la salud. En consecuencia, la creación de las *Skills* se basa en la notación de objetos de JavaScript (JSON) para el intercambio de datos, donde el módulo se trabajó bajo la arquitectura Modelo-Vista-Controlador. Como resultado, el presente trabajo muestra la arquitectura propuesta para el módulo de un expediente médico electrónico.

Palabras clave: *asistente virtual, expediente médico, HL7, Alexa, Echo Show, Amazon.*

Abstract

Virtual Assistants are tools that facilitate user interaction through natural language; they are integrated with artificial intelligence. Currently, these technologies are used for the development of applications or skills, better known as *Skill's*. In this sense, and referring to the Alexa Assistant, using a physical device *Echo Show*, from the company to which the mentioned tool belongs and articulates to health-oriented standards for the creation of electronic medical records to support health personnel. In addition, a version of the standards is going to be used by *Health Level Seven* (HL7), an organization dedicated to the development of health-oriented standards that will be used. In consequence, the creation of the skills is based on the JavaScript object notation (JSON) for data exchange, the module was worked under the Model-View-Controller architecture. As result, the present work shows the proposed architecture for the module of an electronic medical record.

Keywords: *virtual assistant, medical record, HL7, Alexa, Echo Show, Amazon.*

1. INTRODUCCIÓN

El uso de los Asistentes Virtuales (AV) o Asistentes Inteligentes (AI) con el paso del tiempo han beneficiado la vida diaria ya que su utilidad es cada vez más relevante en diferentes ámbitos. La elaboración de una aplicación (Skill) para el asistente virtual Alexa se considera muy innovador, ya que dicha aplicación está compuesta por código derivado de la notación de objetos de JavaScript (JSON) el cual se conoce como un formato de intercambio de datos, que requiere de una codificación menor, de esta manera, será más rápido procesar los datos ingresados a la misma.

Con lo anterior, se observa que, la llegada de los Asistentes Virtuales, tiene un gran impacto ya que el incremento de su usabilidad es más aceptable; de otro lado, la importancia de la correcta detección de la voz es una tarea relevante para las tecnologías con enfoque a la interacción de lenguaje natural y orientación en las ciencias computacionales teniendo como objetivo una apropiada comunicación [1].

La estandarización de documentación electrónica es muy importante ya que ella permite realizar certificaciones, mediante la dependencia que sea la normativa seleccionada. La estandarización de HL7 (*Health Level Seven* o por sus siglas en inglés, Nivel de Salud Siete) es una Organización que se dedica al desarrollo de normas para la certificación orientadas al área de la salud, por ello se puede realizar una comunicación de datos entre aplicación en una misma o diversas organizaciones de la salud.

A propósito de lo anterior, cabe resaltar que existen diferentes normas del estándar de acuerdo con su aplicación, así: v2, v3, CDA (Arquitectura de Documento Clínico) conocida en inglés como *Clinical Document Architecture* son algunas de las versiones que presenta.

Con base en la estandarización, se define el modelo del prototipo para el trabajo que se desarrollará a lo largo de este manuscrito, que, en conjunto con las tecnologías

de los asistentes inteligentes, constituye un apropiado manejo de la aplicación.

El aporte de las herramientas antes mencionadas pretende generar un módulo en el cual se pueda realizar un CRUD (Sistemas para Crear, Leer, Actualizar y Borrar, o como se le conoce por sus siglas en inglés *Create, Read, Update, Delete*) para poder interactuar con la información que se almacenará en el repositorio de datos que administre dicha información de los pacientes. De esta manera, se agilizará la manipulación del proceso del CRUD de forma manual o por el lenguaje natural, sin limitar la interacción del profesional de la salud con la información que se va a ingresar como primera información, así también posibilita el poder consultar o modificar datos ya almacenados.

La presente investigación se conforma por las siguientes secciones: engranaje teórico, antecedentes, la metodología constituida por los esquemas de desarrollo y arquitectura, y las conclusiones, así:

2. ENGRANAJE TEÓRICO

Skill's

Las Skills son funcionalidades las cuales pueden interactuar con los usuarios por medio de la voz, instaladas en dispositivos inteligentes, tanto en teléfonos celulares o dispositivos independientes como en los propios de la marca; con estas habilidades se puede controlar diferentes tipos de elementos, un ejemplo de esto son los dispositivos inteligentes del hogar como aplicaciones internas de Alexa [2].

Notación de objetos javascript (JSON)

Es un formato de intercambio de datos, una forma de serializar objetos, número, arreglos, palabras, letras, entre otros tipos de elementos que se manejan en la notación, es un formato de texto independiente, se constituye por las estructuras de nombre y valor en diferentes tipos de lenguajes de programación.

APL'S

El Lenguaje de Presentación de Alexa (APL) por sus siglas

en inglés *Alexa Presentation Language* es una herramienta que aporta la creación de la parte visual de una *Skill* que comprende gráficos, imágenes y videos, cuenta con un diseño responsivo para la creación de imágenes para los dispositivos con pantalla en Alexa, esto no solo funciona con la parte visual, también puede realizar un conjunto entre el elemento mencionado con la interacción con la voz [3].

Estandarización de expediente electrónico

Un expediente médico es un conjunto de datos que integra la información del paciente, dichos formularios son propiedad de la institución y, quien lo emplea; estos documentos se incorporan por diversos formatos: ópticos, escritos, gráficos electrónicos y otras tecnologías, por ello, la integración del estándar HL7 es indispensable ya que con el aporte que brinda esta herramienta puede generar un intercambio de información entre departamentos o instituciones.

El objetivo base de esta investigación es la realización de la *Skill* para poder efectuar una comunicación interna de un departamento a otro, compartiendo la información desde una base de datos, pero remitiendo los datos exactos y concretos por solicitud cuando se aplique la versión más acorde a las necesidades del trabajo que se va a realizar, es decir, la versión FHIR, la cual está compuesta por un conjunto de versiones del estándar de la norma.

3. ANTECEDENTES

La Inteligencia Artificial (IA) hace muchos años, fue considerada como una tecnología poco conocida, incluso algunos autores la percibían misteriosa; se define como la inteligencia o entendimiento que cuenta con la capacidad de aprender, comprender y razonar para poder realizar una acción y, de esta manera, ver y predecir situaciones dependiendo del contexto [1].

Los Asistentes Virtuales (AV) se basan, principalmente, en la inteligencia artificial, de forma que, aporta gran utilidad en el área médica ayudando a los pacientes con interacciones por medio del lenguaje natural. Los AV

se encuentran en diversos tipos de dispositivos como *Smartphone*, tabletas, relojes inteligentes o parlantes [4]. Son sistemas que se han ido adaptando con el paso del tiempo, basados en Agentes Conversacionales (CA), por mencionar algunos: Alexa y Google Home, pero como argumentan los autores-Xu. Han y Tom. Yeh-, en el artículo "*How does your Alexa behave?: Evaluating Voice Applications by Design Guidelines Using an Automatic Voice Crawler*" hay investigaciones que utilizan los comandos de voz [5].

Es decir que, una interfaz de voz, como las mencionadas, anteriormente, se encuentran disponibles y listas para utilizarse; ahora bien, en el artículo "*Science Family skills: An Alexa Assistant Tailored for Laboratory Routine*", se menciona que dichos servicios pueden ser utilizados para generar una mejora a la rutina de los laboratorios de biología experimental, esto para facilitar la detección y solución de problemas con miras a obtener la eficiencia requerida [6].

Así también, en el ámbito médico, los AV como Alexa, proporcionan una asistencia personal virtual, este sistema es un programa de aplicación que comprende comandos de voz y los complementa según las necesidades del usuario. Se debe tener en cuenta que los manos libres permiten un acceso fácil y ágil a la información médica, a partir de la creación de una *Skill* programada con información de pacientes, personal, fármacos, entre otros; estos son ejemplos de algunas de las actividades que lo complementa e interactúa con Alexa para conocer información de los elementos mencionados [7].

En este orden de ideas, en el trabajo titulado "*Motivate me!: An Alexa skill to support higher education students with autism*" informa sobre los estudios de investigación dirigidos a estudiantes con Trastornos del Espectro Autista (TEA) de Educación Superior, donde se identificó situaciones de complejidad que enfrentan los estudiantes con TEA y se diseñó una *Skill* para el dispositivo *Echo Show*, este es empleado por Amazon. De esta manera, y para apoyarlos en la superación de dicha problemática, la aplicación desarrollada *MotivateMe!*, fue considerada

por los estudiantes como apropiada para enfrentarse a las distracciones y motivarse a estudiar [8].

Por otro lado, los tratamientos médicos se han convertido en un problema, por ejemplo, cuando el paciente no sigue el tratamiento, genera complicaciones tanto en la situación del paciente o al periodo que este invierte en su recuperación. En la actualidad existen Asistentes de Voz que soportan funcionalidades médicas, generalmente, cuando se habla de situaciones médicas con respecto a los AV, se requiere un Asistente Autónomo de bajo costo que realice recordatorios para los pacientes, de tal manera que, se pueda hacer seguimiento sobre el tratamiento clínico [9].

Actualmente, frente al aspecto médico, la tendencia en este tema, es todo lo referente a la COVID-19 [10]. En este sentido, es importante mencionar como la implementación de una *Skill* de Amazon Alexa, puede imitar la actividad que Twitter realiza con la información sobre la vacuna de la COVID-19.

Según lo anterior, y con base en los resultados de un estudio, estos sugieren que puede no funcionar como se espera, cuando la información se convierte de texto a voz; no obstante, los usuarios confiaban poco en Alexa, aunque les ayudó a percibir de forma más precisa información veraz, de esta manera, los AV logran el resultado esperado para detener la desinformación que refiere a la pandemia presente en nuestros tiempos [10].

En comparación con las redes sociales, Alexa utiliza todo tipo de contenido, lo que también permite el desarrollo de aplicaciones maliciosas de algunos creadores, donde se crea un parafraseo arbitrario de la información sobre la vacuna. Como consecuencia, los participantes sugieren que una *Skill* o aplicación con fines de desinformación, podría reducir la precisión sobre cómo y quién recibe la vacuna primero, así como, los efectos secundarios que provoca la misma [11].

Frecuentemente, los usuarios que realizan actividades en Alexa, tienen más probabilidad de concluir que una

Skill creada por usuarios, es una funcionalidad de Alexa, aunque los malentendidos crean riesgos de seguridad y privacidad de la información, especialmente, cuando suplantando las funciones originales de la compañía. En consecuencia, para mitigar amenazas, se recomienda ayudar en la formación de los usuarios para que puedan distinguir entre las aplicaciones confiables de las Skills y aquellas que puedan generar alguna desinformación [12].

4. METODOLOGÍA

Arquitectura del sistema

Se propone un sistema el cual facilite visualizar y administrar la información de los pacientes sin desatenderlos y agilizar cada una de las consultas que realice el personal médico, al igual que, articule al personal de recepción y brinde la atención adecuada. A continuación, se muestran los diagramas diseñados para la organización de la información que debe ser almacenada, así como, el prototipo de la interface de la aplicación.

El diagrama del expediente general, presenta la clase médico que guarda la información de la cédula, nombre, consultorio y horario (referente al médico); en la clase cita se muestra horario y situación (referente a la situación de la cita, confirmada, cancelada, realizada); paciente contiene curp, fecha de nacimiento, nombre, dirección, teléfono (información del paciente); (detalle expediente) almacena la información médica del paciente, peso, estatura, diagnóstico, tratamiento y observaciones si es que las hay (el peso es en kilogramos y la estatura en centímetros); las clases mencionadas van a relacionarse con la clase expediente general y dicha clase almacenará el número de expediente del paciente, como se muestra en la Figura 1.

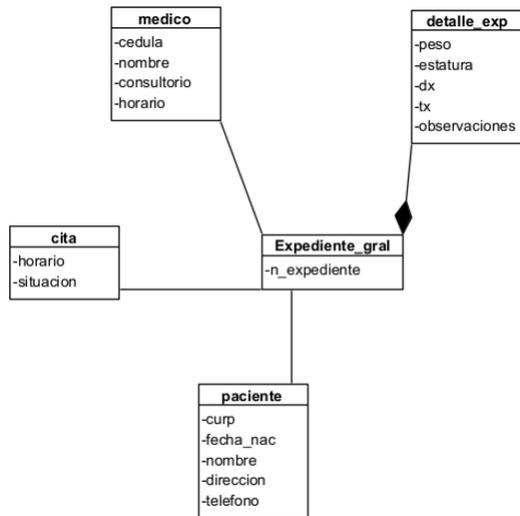


Figura 1. Diagrama de clases consultorio

Por otro lado, el diagrama de expediente recepción muestra las mismas clases que el diagrama expediente general (médico, cita, paciente y detalle expediente) con excepción de la clase en la que se comunican las antes mencionadas que es recepción general la cual no cuenta con atributos, solo obtendrá la información de los demás elementos (ver Figura 2).

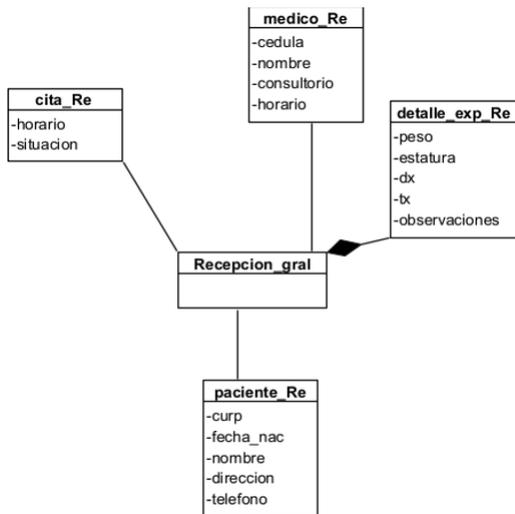


Figura 2. Diagrama de clases recepción

A continuación, se ilustran las Figuras de la interface, por ejemplo, la Figura 3 exhibe la pantalla de bienvenida a la

aplicación con las opciones que se pueden seleccionar para interactuar con el sistema.



Figura 3. Bienvenida expediente

A partir de la Figura 4 a la 7 se realiza un acercamiento al área de los botones de la pantalla de bienvenida y se indica que realiza cada uno. La Figura 4 presenta el botón para agregar un nuevo expediente de un paciente reciente.



Figura 4. Botón agregar

En seguida, la Figura 5 muestra el botón para modificar un expediente que ya existe en el repositorio de información del consultorio.

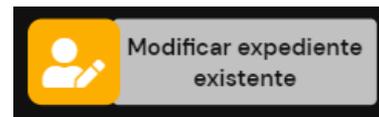


Figura 5. Botón modificar expediente

El boton de buscar expediente, tal y como su nombre lo indica, busca informacion almacenada anteriormente y es la Figura 6 que se presenta a continuación.



Figura 6. Botón buscar expediente

En la Figura 7 se puede observar el botón para eliminar la información que se encuentra en la base de almacenamiento del consultorio.

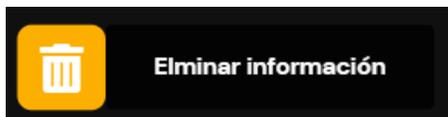


Figura 7. Botón eliminar

Nótese que, en la Figura 8, se muestra la visualización de la información de un expediente con los elementos específicos del paciente.

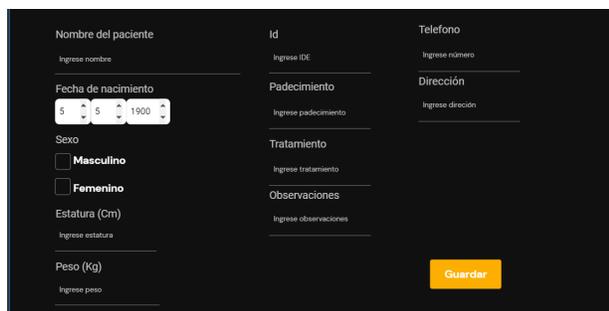


Figura 8. Vista de la información almacenada

Ahora bien, obsérvese que, en la Figura 9 la interface de búsqueda de expediente, ilustra dónde se debe insertar el nombre del paciente ó, en su defecto, ingresar con su número de identificación asignado.

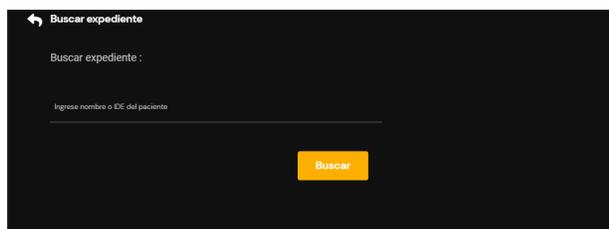


Figura 9. Búsqueda de expediente

Ídentifique en la Figura 10 la interface de selección de expediente, una vez localizado, se muestra el paciente, así como el ID de su información, posteriormente, se puede observar, los botones: editar, eliminar y visualizar para realizar una determinada acción con la información encontrada.



Figura 10. Selección de acción

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento por parte del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), así como, el apoyo del Tecnológico Nacional de México.

6. CONCLUSIONES

El sistema de expediente médico electrónico gestionado a través de un asistente virtual define una forma de agilizar la atención médica para los usuarios y, de esta forma, brindar un enfoque más práctico para el personal médico.

El presente trabajo propone una solución para atender, eficientemente, a los pacientes, igualmente, es útil para los departamentos que soliciten dicha información, estos la obtengan más fácil. Como resultado, el acceso a los datos concretos del paciente, se dará gracias al aporte de la estandarización y certificación de normas; en suma, pretende beneficiar tanto a pequeñas como medianas instituciones, compartiendo información de forma interna como externa entre diferentes Centros de Atención Médica.

Para investigaciones futuras se planea la implementación de una mejora o extensión al trabajo realizado, de tal manera que, se pueda compartir información de un paciente de una institución médica privada a una pública y, de un centro público a uno particular. De esta manera, no se tendrá ningún tipo de conflicto o inconsistencia en los diferentes tipos de centros médicos existentes, gracias a la arquitectura y los prototipos elaborados en la presente investigación.

REFERENCIAS

- [1] S. Barzallo y P. Barzallo (2019) "LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN MEDICINA.," *ATENEO*, vol. 21, nº 2, pp. 81-94.
- [2] N. Zhang, X. Mi, X. Feng, X. Wang, Y.Tian & F. Qian (2018) "Understanding and mitigating the security risks of voice-controlled third-party skills on amazon Alexa and Google Home.," *arXiv preprint arXiv*.
- [3] D. Kumar, R. Paccagnella, P. Murley, E. Hennenfent, J. Mason, A. Bates & M. Bailey (2018) "Skill squatting attacks on Amazon Alexa.," *USENIX security symposium.*, vol. 18. pp. 33- 44
- [4] N. Rivera y M. Carolina (2020), "El poder de la voz para el control de las enfermedades crónicas,".
- [5] X. Han y T. Yeh (2020) "How does your Alexa behave?: Evaluating Voice Applications by Design Guidelines Using an Automatic Voice Crawler.,"
- [6] T. Lubiana-Alves, A. A. GONÇALVES y H. I. Nakaya (2018) "Science Family skills: An Alexa Assistant Tailored for Laboratory Routine.," *bioRxiv*, pp. 484-147.
- [7] V. Sakthive (2019)"Integrated platform and response system for healthcare using Alexa.," *International Journal of Communication and Computer Technologies*, vol. 7, nº 1, pp. 14-22.
- [8] A. Bakhai, A. Constantin and C. A. Alexandru (2020)"MOTIVATE ME!: AN ALEXA SKILL TO SUPPORT HIGHER EDUCATION STUDENTS WITH AUTISM.," *International Conferences Interfaces and Human Computer Interaction*.
- [9] E. Vidal (2020) «Asistente de voz autónomo: Un soporte de adherencia a tratamientos médicos.» *Revista Ibérica Sist. Technol*, pp. 105-113.
- [10] D. Gover y F. Sharevski (2021) "Two Truths and a Lie: Exploring Soft Moderation of COVID-19 Misinformation with Amazon Alexa.," *arXiv preprint arXiv*.
- [11] F. Sharevski (2021) "Hey Alexa, What do You Know About the COVID-19 Vaccine?"--(Mis) perceptions of Mass Immunization Among Voice Assistant Users."
- [12] D. Major (2019) "Alexa, Who Am I Speaking To?. Understanding Users' Ability to Identify Third-Party Apps on Amazon Alexa.," *arXiv*.

COOPERACIÓN CIENTÍFICA DEL CLAUSTRO DOCENTE PARA GUIAR LAS INVESTIGACIONES DE LA MAESTRÍA EN SALUD PÚBLICA DE LA FACULTAD DE MEDICINA

Scientific cooperation of the teaching staff to guide investigations of the master's degree in public health of the faculty of medicine

Edwin Mazariego Flores

Universidad de el Salvador. Facultad de Medicina, Escuela de Posgrado

E-mail: edwin.mazariego@ues.edu.sv

(Recibido 19 de marzo de 2022 y Aceptado 25 de mayo de 2022)

Resumen

Este estudio es un fragmento de otro documento que ha resultado de una tesis doctoral en educación superior donde, habiéndose determinado, inicialmente, la variable "cooperación científica del claustro docente para la orientación tutorial de las investigaciones de la maestría en salud pública de la Facultad de Medicina", se trazó por objetivo determinar cómo y cuánto se realiza; asimismo, determinar las dimensiones e indicadores, los parámetros y sus reglas de decisión; con un abordaje metodológico de tipo mixto, rasgos generales, contextuales cualitativos y la cuantificación de la frecuencia de las dimensiones de la variable en estudio. Al analizar e interpretar los datos obtenidos se concluye, que: La cooperación científica para la orientación tutorial de las investigaciones en la maestría en salud pública, al promediar los resultados de los tutores y los tutorados, queda establecido en \bar{x} 3.7, medianamente frecuente: ocurre entre el 41 y el 60 % de las acciones. Por tanto, y teniendo en cuenta los criterios cualitativos aportados por los sujetos de la investigación, se afirma la necesidad de la implementación de una estrategia de cooperación científica para la orientación tutorial de las investigaciones que mejore la formación en el contexto de la Maestría en Salud Pública en la Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador.

Palabras clave: *cooperación científica, investigación, maestría, salud pública.*

Abstract

This study is a fragment of another document that has resulted from a doctoral thesis in higher education where, having initially determined the variable "scientific cooperation of the teaching staff for the tutorial orientation of the research of the master's degree in public health of the Faculty of medicine", its dimensions and its indicators, the parameters and its decision rules; When analyzing and interpreting the data obtained, it is concluded that: Scientific cooperation for the tutorial orientation of research in the master's degree in public health, averaging the results of tutors and tutors, is established at \bar{x} 3.7, Moderately frequent: occurs between 41 and 60% of the shares. Therefore, and taking into account the qualitative criteria provided by the research subjects, the need for the implementation of a scientific cooperation strategy for the tutorial orientation of research to improve training in the context of the Master in Health is affirmed in the Faculty of Medicine of the University of El Salvador.

Key words: *scientific cooperation, research, master's degree, public health.*

1. INTRODUCCIÓN

Se describen a continuación los supuestos teóricos que se han elegido como fundamentos de la cooperación científica para la orientación tutorial de investigaciones de maestría, destacando la esencia de los procesos y de los actores involucrados. Por lo anterior, las universidades tienen el compromiso de mejorar constantemente el proceso educativo de cara a la sociedad a la que se deben, en este sentido, es necesario:

Ser plenamente consciente de la importancia de la Educación Superior en el desarrollo de nuestras naciones, así como, en el porvenir de cada uno de los alumnos que depositan en ella sus perspectivas de crecimiento humano y profesional, en esencia, esto se convierte en un compromiso social que la Universidad de hoy debe fomentar en sus aulas [1].

En primer lugar, el maestrando realiza la elección inicial del tema de investigación y con ello, en seguida, la coordinación académica de la maestría asigna un tutor de la tesis, con el fin de orientar el proceso de investigación para llevarlo hasta la realización del informe final, el cual será expuesto y defendido por el maestrando ante un tribunal evaluador, luego de cumplir con todos los requisitos.

En segundo lugar, se debe disponer a realizar una investigación por parte del maestrando, en efecto, esta depende de un complejo entramado de factores externos e internos, motivacionales intrínsecos y extrínsecos. En este sentido, es competencia de las instituciones formadoras obrar en función de la minimización de aquellos factores que obstaculizan la finalización de la maestría.

En concordancia con lo anterior, los fundamentos educativos adoptados para este estudio, específicamente, para la Maestría en Salud Pública, están dirigidos a la formación final del proceso de la Maestría, en el momento en que los maestrandos están enfocados en superar una tesis que los promueva a la obtención del posgrado; que,

asimismo, tenga en cuenta el medio social y cultural en que se desarrolla, de tal manera que, se logre formar individuos capaces de impactar positivamente en la sociedad, a través de sus aportes científicos competentes y oportunos que respondan a las necesidades del contexto.

En este sentido, es precisamente, la cooperación científica del claustro, que logrará la unidad formal de estos aspectos señalados en una de las leyes generales de la pedagogía como ciencia en donde la “ley de la unidad entre objetivos, desarrollo del proceso y sus resultados” [2], pues tiene en cuenta los antecedentes del problema abordado en este estudio. Allí se plantean dos premisas fundamentales para alcanzar el desarrollo investigativo: la socialización de la persona y, la comunicación como resultado de la interacción continua entre las condiciones internas y las condiciones de vida externas, para su desarrollo. Como lo planteado en la teoría Histórico-cultural [3], quien argumenta, que:

“Para estudiar, comprender e intervenir en la subjetividad humana es imprescindible contar con la participación, disposición, implicación y compromiso de todos. Se deviene en subjetividad en la relación de cooperación con los otros, por tanto, en la unidad de lo individual y lo colectivo está la posibilidad objetiva de su transformación” p. 27 [4]

El claustro de la Maestría en Salud Pública se verá fortalecido y, subsecuentemente, volverá eficiente el aprendizaje de los maestrandos, evidenciado en tesis o investigaciones de elevada calidad por cuanto, “el conocimiento es definido como un proceso de negociación o construcción conjunta de significados, y esto vale para todo proceso de enseñanza-aprendizaje” p.224 [5]

Finalmente, teniendo en cuenta todo lo anterior como premisas, siempre hará falta un componente esencial sin el cual no es posible alcanzar aprendizajes desarrolladores, es decir, en última instancia, el aprendizaje escolar es un aspecto más del comportamiento humano y, por tanto, necesita de una fuerza motivacional para mantenerse en el tiempo [6].

Así también, el claustro tiene por responsabilidad mediar circunstancias y brindar orientaciones para lograr ese impulso motivacional en los maestrandos, que los haga soñar con alcanzar la maestría o salir airosos del compromiso que adquirieron al matricularse en la misma, como motivación base; empero, el desarrollo de la formación va más allá, es convertirse en investigador creativo, innovador en el área de la salud pública y sobre todo en ser en agentes activos que resuelven problemas sociales auténticos.

Referentes conceptuales

El diccionario léxico hispano define Cooperar como "Hacer algo para que junto a la acción o el esfuerzo de otras personas se consiga un determinado resultado" y, por otra parte, el significado de Científico como: "Que se ajusta a los principios y métodos de la ciencia o está relacionado con ella" [7]. Así planteado, el claustro de la Maestría en Salud Pública vendría a conformar el grupo de personas que actúan en conjunto por un mismo fin, el mismo está representado por la orientación conducente a la mejora cualitativa de las investigaciones que los maestrandos deben desarrollar y con ello alcanzar la titulación.

En este caso, la cooperación es el resultado de una estrategia de trabajo conjunto que se vale de una serie de métodos para facilitar la consecución de un objetivo: mejorar las competencias investigativas de los maestrandos en salud pública y, en consecuencia, la mejora cualitativa de las tesis que realizan; en suma, la cooperación es fundamental para la vida en sociedad, debido a que es una forma más eficiente de gestionar los asuntos en función del interés colectivo.

Colaboración, coordinación y cooperación son conceptos que entrañan en sí mismos el trabajo de grupo y que, para el caso de las tutorías, bien podría referirse a la unidad tutor-estudiante. Con base en lo anterior, para la realización de un estudio científico de tesis, la visión científica se limita al aporte del experto o tutor y el novel maestrando. Es fundamental entonces, someter las investigaciones y sus procesos, al criterio de otros

expertos y otros maestrandos con el fin de alcanzar aprendizajes desarrolladores que, consecuentemente, enriquezcan los trabajos científicos de tesis con mejoras sustantivas en términos cualitativos.

Los referentes de la cooperación científica son abundantes. Diversos estudios científicos han adoptado la cooperación científica como estrategia de mejora para el aprendizaje, comportando ciertos matices que hacen diferencias, por ejemplo: En [8] se hace un estudio sobre mejorar los aprendizajes estudiantiles en el proceso de formación universitaria, allí se plantea lo que se denomina cooperación docente y argumenta que la relación cooperativa y la coordinación "producen un beneficio de aprendizaje en los sujetos participantes, estudiantes y docentes, y también proporciona un espacio de desarrollo personal-profesional y organizativo, al tratarse de un tipo de actividad producida de forma colectiva o cooperativa" p. 457. Sin embargo, le confiere al estudiante un papel de beneficiario, con poco protagonismo cooperativo.

Por otro lado, la propuesta de cooperación en educación de [9], aunque exhaustiva en el abordaje de la cooperación en educación, al tomar la cooperación a nivel administrativo, docente, estudiantil, familiar y social, es bastante abstracta al plantear el ejercicio de la misma. No obstante, también ha sido utilizada la cooperación científica conducente a mejorar la formación de los estudiantes, vinculando a la comunidad y la familia, la escuela [10, 11]. Así también, la cooperación en la formación de Licenciados en Lengua Española para no Hispanohablantes de [12] constituye otro referente que valida la cooperación científica como una estrategia efectiva para alcanzar objetivos educativos.

En este mismo orden de ideas, la cooperación desde la perspectiva en [13] se concibe como una estrategia de aprendizaje organizacional para los claustros docentes con miras a las mejoras cualitativas del ejercicio profesional, donde la cooperación debe ser adoptada como cultura. De igual forma, en [14] se plantea la cultura de cooperación. De tal forma que, la cooperación científica es referida a las co-tutorías de tesis [15] en

España significa el concepto limitándolo a las tutorías de tesis, pero referido a la asignación de co-directores de tesis.

En el mismo sentido, pero con investigadores experimentados, en Latinoamérica la producción de investigaciones identifica la disminución de artículos científicos calzados por un solo autor y concluyen: “que el porcentaje de textos individuales se ha reducido en ocho puntos respecto del año anterior (de 63 % a 55 %) y un aumento del porcentaje de artículos con tres autores que pasa del 7% en 2009 al 14 % en 2010” [16].

Del mismo modo, la cooperación científica en educación refiere tener éxito hasta en temas complejos de formación, como lo demuestra una tesis doctoral [17] que aborda la cooperación para el tratamiento de la creatividad en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la filosofía. Es importante revisar que, hacia finales del siglo XX, [18] planteaba la idea de cooperación científica para el crecimiento profesional de los docentes, como estrategia ineluctable de mejora.

La revisión de la literatura hecha, refiere ventajas sustantivas a nivel cualitativo y cuantitativo de las investigaciones, cuando son realizadas en cooperación, ya sea internacional, interinstitucionales internas de país o entre grupos de profesionales de la misma área o distintas áreas dentro de una institución. Un estudio realizado en una universidad cubana reporta que existe una proporcionalidad directa entre cooperación y el aumento de producción científica de calidad [19]. Además, [20] acotan sobre los beneficios generados de la cooperación, como lo es el impacto que esta cooperación produce al mejorar la calidad o visibilidad de las publicaciones. En consecuencia, la producción conjunta permite la mejora, visibilidad e impacto académico-investigativo.

Por otra parte, acorde al referente teórico del tutor, en condiciones óptimas, un orientador o tutor de tesis tiene por funciones generales realizar con el maestrando, el investigador [21] las siguientes: la evaluación temprana y realista de las necesidades del

estudiante; foco pedagógico, clarificación de expectativas y límites; desafío académico y valoración; gestión del conocimiento, reuniones frecuentes, revisión del trabajo escrito, realimentaciones inmediatas y constructivas; advertencia de las señales de peligro, promoción del acceso a la cultura de la investigación y, aculturación en una comunidad de práctica.

Así mismo, [21] afirma que, aún las funciones no son alcanzadas, satisfactoriamente, y lo que propone no se logra plasmar en los documentos construidos, aquí se evidencia, una alta perspectiva del tutor y, marginalmente, se presenta la visión de los maestrandos. No obstante, otras miradas al objeto de estudio, desde diferentes perspectivas pueden brindar mayor profundidad y objetividad a los resultados de las investigaciones.

En consecuencia, la asignación de tutor de tesis es de cardinal importancia para que el maestrando logre, eventualmente, la realización y defensa exitosa de la tesis, en tanto que el proceso de realización de este trabajo investigativo, tal como está diseñado, depende en buena parte de las disposiciones, orientaciones y buen tino del tutor asignado.

Por otro lado, la cualificación formativa es un objetivo permanente de las universidades, al respecto, la agenda 2030 para el desarrollo sostenible para Latinoamérica y el Caribe [22], plantea como prioridad “La construcción de capacidades a través de la educación de calidad, la universalización de la protección y la economía del cuidado, la creación de empleo con derechos y la provisión de mejores bienes públicos” (p.11)

Con base en lo anterior, es importante tener en cuenta que la formación de posgrado exige trascender la actividad laboral ceñida al “saber hacer”, ya que son necesarios profesionales de posgrado capaces de incidir positivamente y “de oficio” en sus entornos sociales, ocupándose de los problemas de la realidad con una visión aguda y profundidad científica para contribuir a la solución de los mismos.

Usualmente, a través de los estudios académicos de grado y posgrado la figura de profesor o docente transita durante toda la formación y es hasta que el estudiante inicia el proceso de realización de la tesis que se habla de la figura de tutor, al menos en El Salvador. En consecuencia, el concepto de tutor comporta diversos matices en su significado acorde de las diversas maneras de asumir o realizar la labor, es decir, de orientar la tutoría.

Una acepción general de tutoría es la de [23] quien la plantea como una tarea integrada en la labor docente, que implica una interacción personalizada del profesor tutor con el alumnado, con la finalidad de hacer un seguimiento del proceso de aprendizaje y definir su proyecto personal de titulación. Es de notar la coherencia que tiene esta acepción en función de la optimización del proceso enseñanza-aprendizaje; empero al limitarse a la perspectiva que posee el tutor del PEA, adolece por otra parte, de la riqueza que supone el aprendizaje grupal.

En [24], los investigadores plantean siete modalidades de tutoría en Educación Superior en el contexto iberoamericano, la de interés aquí, es una modalidad de tutoría denominada de investigación que de manera sucinta la definen como: "Asesoramiento individualizado en la elaboración de un trabajo de investigación en el grado, en el posgrado o en el doctorado" p. 385.

Como se aprecia no supera la necesidad del aprendizaje grupal, pero en el desarrollo del estudio, [24] ya han advertido la necesidad de la instauración de "un sistema organizativo y funcional que permita establecer la colaboración y la coordinación de las actividades orientadoras y de la acción tutorial entre los diversos agentes implicados, y la coordinación a fin de conseguir la máxima eficacia" p. 394.

Para el trabajo académico formativo en educación superior, múltiples estudios han demostrado que el aprendizaje mejora en términos cualitativos y cuantitativos cuando es realizado en grupos cooperativos "(...) la interrelación entre los alumnos, entre alumnado y profesorado y entre profesores aumenta considerablemente el desarrollo

del aprendizaje" [25]; también en la investigación hecha por la comunidad europea se plantea: "El aprendizaje cooperativo como una de las modalidades idóneas para la formación del alumnado universitario" [26] p. 395.

La Educación Superior tradicional que enfatizaba en la formación conducente al desempeño laboral eficiente, a ser buenos consumidores de conocimientos, ha perdido brío a causa de las exigencias que las sociedades ahora plantean [27]. En consecuencia, los actos educativos de formación en educación superior deben orientarse a forjar en el estudiante la mencionada autodeterminación con responsabilidad social; acentuándose en los procesos formativos de posgrado durante toda la formación, la cual también incluye el proceso de realización y defensa de la tesis de graduación.

La realización de la tesis representa para los maestrandos, probablemente, el último obstáculo académico a vencer. Por esta razón, es responsabilidad del cuerpo docente de los institutos de formación superior, orientar o dirigir a los estudiantes a través de consejos y enseñanza oportuna que los lleven al logro o superación de la realización exitosa de la tesis de grado o posgrado.

La tutoría investigativa es la estrategia didáctica de probado éxito para que los maestrandos cumplan las etapas de investigación: exploración empírica de la realidad, planificación, ejecución, evaluación, elaboración del informe de investigación, socialización o comunicación de los resultados de la tesis y con ello, su formación. No obstante, es necesario mejorarla, cualificarla, de tal manera que, se logren elevar las tasas de terminación de la maestría y, asimismo, los aprendizajes desarrolladores, expresado o evidenciado a través de la cualificación de las tesis con las que son promovidos los maestrandos.

En el trabajo cooperativo se conforman grupos, que para este caso son los tutores de las tesis y sus maestrandos, al constituir un grupo trabajarán en el logro de una tarea común: la realización de una investigación que culmine con la tesis de graduación con un elevado rigor científico, por supuesto, cada quien cumpliendo su papel.

Sin embargo, la puesta en común de los diversos temas de tesis, proveería la cooperación científica tanto del claustro docente, como de los pares maestrandos, acción que redundaría en la mejora cualitativa del proceso de investigación que desarrollan.

Finalmente, tomando en consideración todos los aspectos disertados sobre las obras y autores consultados que han conseguido sistematizar y fundamentar con acierto, desde sus perspectivas, la cooperación científica; no se ha encontrado en la literatura estudiada una definición concreta para el objeto de esta investigación, lo cual conduce a plantear una definición que precise el objeto de este estudio científico.

Se define en este estudio la cooperación científica para la orientación tutorial de las investigaciones de Maestría en Salud Pública como: colaboración en la toma de decisiones, responsabilidad compartida y la realización armónica de las tareas por parte del claustro (tutores, profesores, directivos y estudiantes) en función de establecer niveles de ayuda que van desde indicar las acciones a realizar, precisarlas con profundidad y poner ejemplos de cómo hacerlo, en el contexto de la determinación del problema científico y demás componentes del diseño, la sistematización teórico-metodológica, el diagnóstico del objeto de estudio, la conformación-aplicación de la propuesta, la elaboración del informe y la socialización de los resultados.

En consecuencia, son enunciadas las siguientes *dimensiones y sus indicadores, con sus direcciones de análisis*:

Cooperación del claustro: colaboración en la toma de decisiones, responsabilidad compartida y realización armónica de las tareas durante la determinación del problema científico y demás componentes del diseño, la sistematización teórico-metodológica, el diagnóstico del objeto de estudio, la conformación-aplicación de la propuesta, la elaboración del informe y la socialización de los resultados.

Orientación tutorial: establecer niveles de ayuda al indicar las operaciones investigativas a realizar, precisar con profundidad las mismas y/o poner ejemplos de cómo desarrollarlas durante la determinación del problema científico y demás componentes del diseño, la sistematización teórico-metodológica, el diagnóstico del objeto de estudio, la conformación-aplicación de la propuesta, la elaboración del informe y la socialización de los resultados.

2. METODOLOGÍA

Esta investigación presenta un enfoque metodológico mixto donde se entremezclan métodos cualitativos y cuantitativos en función de una visión más abarcadora y completa de la realidad. En consecuencia, los métodos utilizados en la investigación se describen someramente a continuación:

Como métodos de nivel empírico fueron utilizados, la observación científica, análisis documental, entrevista y encuesta. Para el análisis de las entrevistas se utilizó para el procesamiento de los datos el software Atlas.ti 8. Ahora bien, como métodos del nivel teórico se utilizaron: la sistematización, el inductivo-deductivo, el analítico-sintético y el sistémico estructural-funcional.

Además, se utilizó para el procesamiento de los datos la estadística descriptiva: la media aritmética como medida de tendencia central, así como, el cálculo y análisis de frecuencias absoluta y relativa para la caracterización de la variable y sus dimensiones.

La población para esta investigación está conformada por el claustro de la Maestría en Salud Pública, constituidos de la siguiente manera: Dos docentes de planta encargados (Dirección y coordinación de la Maestría en Salud Pública) y seis docentes contratados para impartir las asignaturas o módulos de formación y además para tuturar investigaciones. El número de contratados es acorde con el número de estudiantes; y finalmente, nueve maestrandos de la cohorte 2019 quienes están en proceso de realización de tesis, también, dos en

proceso de graduación y dos recién graduados. Dado que el número de sujetos a investigar es pequeño y todos pueden aportar información valiosa, se selecciona de forma intencional toda la población.

3. RESULTADOS

La situación actual investigada de la maestría en salud pública desarrollada en tres áreas de formación de la Salud Pública, a saber: Epidemiología y Ciencias Ambientales; Política y Gerencia Estratégica en Salud; y Promoción, Educación en Salud y Salud Comunitaria, evidenció a través de las técnicas utilizadas los rasgos generales siguientes:

Observación no participante

Las reuniones llevadas a cabo por el claustro están relacionadas a la coordinación de aspectos administrativos asociados a la distribución de carga laboral o información general del proceso tutorial de las tesis. Los aspectos académico-investigativos relacionados con las tesis están confinado al binomio tutor/tutorados y, en consecuencia, ninguna reunión se planifica para que los maestrandos muestren los avances de sus estudios. La cooperación científica del claustro de tutores para con los maestrandos no se realiza, sino únicamente dentro del binomio tutor / tutorados.

Entrevistas semiestructuradas

Los tutores plantean reunirse con la administración en escasas ocasiones, en función de que las normas o manuales, ya tienen contempladas aquellas actividades que han de realizarse. Además, son bien vistas las capacitaciones que son impartidas a tutores y maestrandos a fin de la mejora cualitativa del proceso, con lo cual, las reuniones entre la administración y los tutores, son percibidas como menos necesarias y cuando son realizadas, lo hacen individualmente entre el tutor interesado en algún asunto y la coordinación.

Ahora bien, las funciones que los tutores expresan realizar están cargadas de abstracciones relacionadas al “deber ser”, más que a las funciones desarrolladas. En

donde, y según lo socavado, las expresiones de los tutores muestran que no se reconoce la cooperación científica como función que ellos deban desarrollar entre los demás miembros del claustro, ni con estudiantes que no están asignados a ellos; asimismo demuestran no tener claridad respecto de la secuencia lógica de procedimientos a desarrollar durante el proceso tutorial.

El proceso instituido únicamente permite que los trabajos de tesis sean observados o corregidos hasta el final, donde un tribunal evaluador realiza las observaciones que después de ser corregidas son expuestas por los maestrandos en un acto público de defensa.

Con la encuesta se logró determinar la condición actual de las dimensiones y sus variables en estudio: Cooperación del claustro y orientación tutorial, se muestra a continuación un resumen de los resultados en la tabla siguiente:

Tabla 1. Cooperación científica para la orientación tutorial de las investigaciones en la maestría en salud pública según codificación y parametrización

	Maestrandos	Tutores
COOP. DEL CLAUSTRO	\bar{x} 3.8	\bar{x} 3.3
Variables		
Colaboración en la toma de decisiones	3.6	4
Responsabilidad compartida	3.8	3
Realización armónica de las tareas	3.9	3
ORIENTACIÓN TUTORIAL	\bar{x} 3.8	\bar{x} 4.1
Variables		
Se indican las operaciones a realizar	4.05	3.9
Se precisan con profundidad	3.9	4.45
Se ponen ejemplos	3.6	4
Cooperación científica para la orientación tutorial de las investigaciones en la maestría en salud pública	\bar{x} 3.8	\bar{x} 3.7

1. *No es frecuente*: ocurre en menos del 10 % de las acciones.
2. *Poco frecuente*: ocurre entre el 11 y el 40 % de las acciones.
3. *Medianamente frecuente*: ocurre entre el 41 y el 60 % de las acciones.
4. *Frecuente*: ocurre entre el 61 y el 80 % de las acciones.
5. *Muy frecuente*: ocurre entre el 81 y el 100 % de las acciones.

4. CONCLUSIONES

Habiéndose determinado inicialmente la variable, dimensiones e indicadores de la misma, los parámetros y reglas de decisión; al analizar e interpretar los datos obtenidos se concluye, que: La cooperación científica para la orientación tutorial de las investigaciones en la maestría en salud pública, promediando los resultados de los tutores y los tutorados, queda establecido en \bar{x} 3.7, Medianamente frecuente: ocurre entre el 41 y el 60 % de las acciones. De acuerdo con lo anterior y, teniendo en cuenta los criterios cualitativos aportados por los sujetos de la investigación, se reafirma la necesidad de mejorar la formación en el contexto de la Maestría en Salud Pública en la Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador, puntualmente, en aspectos de formación investigativa, consignada en el currículo aprobado.

REFERENCIAS

- [1] Z. N. Achón, I. O. Ramos & O. M. Pérez (2006). "La formación profesional en la universidad de hoy: De la educación a la autoeducación". 8. *Revista Iberoamericana de Educación*. ISSN: 1681-5653
- [2] F. A. Fernández, S. R. Fernández, M. F. Lavastida & S. Fernández (2007). *Didáctica: Teoría y práctica* (Segunda). Editorial Pueblo y Educación.
- [3] C. Pérez Maya & L. López Balboa (1999). "Las habilidades e invariantes investigativas en la formación del profesorado. Una propuesta metodológica para su estudio". Editorial Universitaria. Disponible en: <http://site.ebrary.com/id/10317250>
- [4] M. Carnero Sánchez (2019). *Psicología para la Educación Superior* (Primera). Universitaria Félix Varela.
- [5] N. Roselli (2016). "El aprendizaje colaborativo: Bases teóricas y estrategias aplicables en la enseñanza universitaria. *Propósitos y Representaciones*". Vol. 4 (1), 219-280. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20511/pyr2016.v4n1.90>
- [6] M. Carretero (1997). *Constructivismo y educación*. Progreso S.A. de C.V.
- [7] Diccionario léxico hispano (1973). En Diccionario léxico hispano: Vol. Primero (p. 690). W.M. Jackson, Inc., Editores.
- [8] M. J. B. Martínez, M. Á. M. Yus, & M. P. Currás (2013). Coordinación docente e interdisciplinariedad: Análisis de su contribución a la adquisición de competencias docentes y discentes. *REDU: Revista de Docencia Universitaria*, 11(2), 443.
- [9] R. Escorcia-Caballero, & A. Gutiérrez-Moreno (2009). "La cooperación en educación: Una visión organizativa de la escuela. *Educación y Educadores*", Vol. 12(1), Article 1. <https://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/762>
- [10] A. Meneses (2017). Modelo para la cooperación familia-escuela politécnica en los procesos de diagnóstico integral y formación del proyecto de vida profesional. Universidad de ciencias pedagógicas "Enrique José Varona" Facultad de Ciencias Técnicas.
- [11] A. Meneses, M. Carnero Sánchez and M. Arzuaga (2016). Cooperación Familia-Escuela Politécnica en los procesos formativos. Vol. 14(1). Disponible en: <http://www.pedagogiaprofesional.rimed.cu>
- [12] S. Xin (2020). La cooperación en la formación de Licenciados en Lengua Española para no Hispanohablantes. Universidad de La Habana. Centro de estudios para el perfeccionamiento de la Educación Superior.
- [13] A. Villa & C. Yániz (1999). Aprendizaje organizativo y desarrollo profesional. *Revista de curriculum y formación del profesorado*. Disponible en: <http://www.ugr.es/local/recfpro/Rev31ART3.pdf>

- [14] J. Sebastián (2000). La Cultura de la Cooperación en la I+D+I. Sala de lectura CTS+I. <https://www.oei.es/historico/salactsi/sebastian1.htm>
- [15] J. C. M Recio, M. J. M. Pestaña & M. F. B. López (2012). Producción y dirección de tesis doctorales sobre publicidad en la universidad española (1971-2010). *Revista española de Documentación Científica*, Vol. 35(3), 433-452. <https://doi.org/10.3989/redc.2012.3.890>
- [16] A. C. Esparcia (2011). Investigación e investigadores. Las revistas científicas como instrumento de comunicación. *Vivat Academia*, 1002-1017. <https://doi.org/10.15178/va.2011.117E.1002-1017>
- [17] P. Kaparacate (2018). Estrategia didáctica-metodológica para el tratamiento de la creatividad en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la filosofía en el segundo ciclo de la secundaria angolana. Universidad de ciencias pedagógicas "Enrique José Varona" Facultad de Ciencias Técnicas.
- [18] A. A. Glatthorn (1987). Cooperative professional development: Peer-centered options for teacher growth. *Educational leadership*, pp. 31-35.
- [19] G. Ronda (2011). Influencia de la cooperación en la producción científica de investigadores de la provincia de Holguín, Cuba: Análisis cuantitativo 1980-2009. Vol. 42(1), pp.15-22.
- [20] D. de Filippo, R. Barrere & I. Gómez (2010). Características e impacto de la producción científica en colaboración entre Argentina y España. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS*, Vol. 6(16).
- [21] H. E. D. Anglat (2011). Las funciones del tutor de la tesis en educación. *Revista mexicana de investigación educativa*, Vol. 16(50), pp. 935-959.
- [22] CEPAL. (2015). Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Fundación Santillana. Universidad de Alcalá/IDE.
- [23] P. R. Álvarez Pérez (2013). (PDF) [Online] La función tutorial del profesorado universitario: Una nueva competencia de la labor docente en el contexto del Espacio Europeo de Educación Superior. ResearchGate. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/308330960_La_funcion_tutorial_del_profesorado_universitario_una_nueva_competencia_de_la_labor_docente_en_el_contexto_del_Espacio_Europeo_de_Educacion_Superior
- [24] C. Lobato Fraile & N. Guerra Bilbao (2016). La tutoría en la Educación Superior en Iberoamérica: Avances y desafíos. 52/2, pp.379-398. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/educar>
- [25] N. Grané Teruel, A. Bonet Jornet, M. T. Caballero Caballero, J. C. Cañaveras Jiménez, M. F. Gimenez Casalduero et al (2011). Coordinación docente en la Facultad de Ciencias. 2337-2348.
- [26] M. Fuentes-Guerra Soldevilla, M. del M. García Cabrera, V. J. Llorent García & M. Á. Olivares García (2012). "La coordinación docente universitaria desde la percepción del alumnado". *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, Vol. 10(2), pp. 395. <https://doi.org/10.4995/redu.2012.6115>
- [27] M. Sospedra & D. Rosa (2015). "La formación docente universitaria en Cuba: Sus fundamentos desde una perspectiva desarrolladora del aprendizaje y la enseñanza". *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, Vol. 41(1), pp. 337-349. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052015000100020>

MODELAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED CONSIDERANDO LA VARIACIÓN DE IRRADIANCIA SOLAR EN HOMER PRO

Modeling of a photovoltaic system connected to the grid considering the variation of solar irradiance in Homer Pro

Danner Anderson Figueroa Guerra¹, Javier Fernando Culqui Tipan², Marlon Daniel Núñez Verdezoto³, Omar Danilo Cruz Panchi⁴

^{1,2,3,4} Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Maestría en Electricidad Mención Sistema Eléctrico de Potencia, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. E-mail: ¹danner.figueroa@utc.edu.ec, ²javier.culqui@utc.edu.ec, ³marlon.nunez@utc.edu.ec, ⁴omar.cruz@utc.edu.ec

(Recibido mayo 07 de 2022 y aceptado junio 02 de 2022)

Resumen

En la presente investigación surgió la necesidad de utilizar herramientas didácticas que permitieran conocer la mejor optimización de un sistema fotovoltaico para el abastecimiento de las cargas de una bananera. En correspondencia a lo anterior, este estudio presenta un modelo y simulación de un sistema conectado a la red, considerando la variación de la irradiancia solar. En primera instancia, se utilizó el instrumento piranómetro en la zona a estudiar. Luego se consideró las cargas de la bananera, en seguida, se usó de la herramienta HOMER Pro para hallar la mejor viabilidad del sistema fotovoltaico con sus algoritmos de optimización. Para su validación se utilizó otros algoritmos de modelos matemáticos realizados en Matlab/Simulink, estableciendo la potencia del sistema, el costo nivelado de energía (\$/kWh), como también el voltaje (V), corriente (A) y potencia (W) tanto del panel solar como la energía que sale a la carga, además, se determinó el punto de máxima transferencia de potencia (MPPT) del sistema. Por último, se evaluó el *payback* del modelamiento para conocer el tiempo de retorno de la inversión del sistema.

Palabras clave: sistema fotovoltaico, eficiencia, recursos renovables, irradiancia solar, modelo matemático.

Abstract

In this research, the need arose to use didactic tools that allow to know the best optimization of a photovoltaic system to supply the loads of the banana company. According to the following statement, this study presents a model and simulation of a grid-connected system, considering the variation of solar irradiance. First, the pyranometer instrument was used in the area to be studied. Then, the loads of the banana plantation were considered and after that, the HOMER Pro tool was used to find the best feasibility of the photovoltaic system with its optimization algorithms. For its validation, other algorithms of mathematical models made in Matlab/Simulink were used, establishing the power of the system, the levelized cost of energy (\$/kWh), as well as the voltage (V), current (A) and power (W) of both the solar panel and the energy that goes to the load, moreover, the maximum power transfer point (MPPT) of the system was also determined. Finally, the payback of the modeling was evaluated to know the payback time of the system investment.

Key words: photovoltaic system, efficiency, renewable resources, solar irradiance, mathematical model.

1. INTRODUCCIÓN

La electricidad es un elemento que juega un papel fundamental en el desarrollo económico de los países de todo el mundo. Por lo tanto, a nivel de las bananeras el uso constante de energía presenta desavenencia debido a que se puede reducir el pago de sus planillas, por el aprovechamiento de los recursos energéticos del sol como es la radiación solar, la cual con un modelamiento eficaz de un sistema podrá inyectar energía para satisfacer la necesidad y, así aprovechar de una manera adecuada los recursos disponibles de la propia zona [1][2].

Por esta razón, la aplicación de modelos de sistemas fotovoltaicos son una forma de aprovechar de una manera eficiente la energía que se pueda generar en aquel sistema [3], la parte de la demanda, la curva de demanda y la variación de la irradiación solar relacionan la capacidad para el modelamiento del sistema y la energía que este puede entregar [4], esta relación conlleva a tener un dispositivo eficiente para mantener el valor esperado de energía inyectada al sistema dentro de la bananera [5].

Acorde con lo anterior, la propuesta que se presenta en este documento permitirá conocer la relación de la demanda y la variación de la radiación para el modelamiento de un sistema fotovoltaico conectado a la red [6], se hace necesario conocer la variación solar que afecta en la generación de la energía del sistema y su comportamiento, la cual se apoya en los datos de irradiación para el modelamiento [7] [8], donde se realizará el levantamiento de los datos de radiación solar, parámetros necesarios para la configuración óptima para el modelamiento del sistema[9].

Igualmente, se necesita modelar mediante métodos numéricos el comportamiento de un sistema fotovoltaico conectado a la red considerando la variación de la irradiación solar, con el fin de determinar una forma de generar la energía de una manera más eficiente para cubrir una parte del consumo de la bananera.

Por tanto, y de tal manera que, se pueda determinar la capacidad de un sistema de generación de energía, es necesario conocer la demanda de este recurso, el comportamiento de la carga y las fluctuaciones de la radiación solar local [4]. Primordialmente, estos datos son la base fundamental para realizar el modelamiento en el software HOMER Pro, el cual proporciona información sobre las complejidades y compensaciones del modelamiento de sistemas rentables y confiables, impulsando la toma de decisiones informadas para diseñar sistemas con confianza [10].

2. METODOLOGÍA

2.1. Descripción de la metodología

A continuación, se desarrollan los procedimientos para la aplicación del modelamiento para el sistema fotovoltaico conectado a la red considerando la irradiación solar, ver flujograma en la Figura 1.

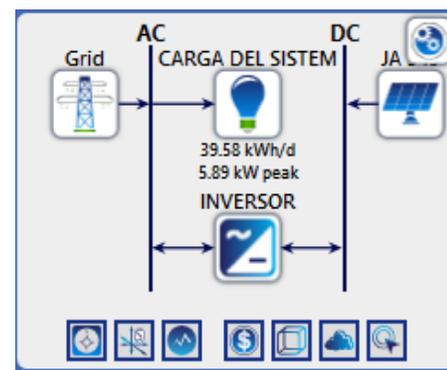


Figura 1. Diagrama de sistema propuesto.

2.2. Metodología o procedimientos empleados para el cumplimiento de los objetivos planteados

De tal manera que se pueda determinar el valor de la radiación de la zona y, con miras a obtener la base de datos, se utilizó el piranómetro SMP-10 clase A, que se encuentra ubicado en una terraza de 12 m, cerca de la zona a estudiar, el piranómetro está sobre una base metálica de 1.80 m de altura, en posición firme, y consta de un servidor que ayuda la lectura de esta base de datos (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Costos del sistema

kWh/ m ² *día	Promedio	Max	Min
Enero	5,02	10,35	1,52
Febrero	5,86	11,73	2,00
Marzo	5,97	14,55	1,46
Abril	7,28	16,21	2,39
Mayo	4,70	10,31	1,14
Junio	5,25	10,65	1,42
Julio	4,05	9,30	1,18
Agosto	5,07	10,72	1,48
Septiembre	5,21	10,71	1,52
Octubre	4,69	10,14	1,54
Noviembre	4,58	10,73	1,31
Diciembre	4,74	10,25	1,46

De acuerdo con la data tomada en rango de 1 segundo, se procedió a obtener un valor total del mes, para luego determinar una data resultante de todos los meses, con la finalidad de determinar el histograma de frecuencia absoluta y frecuencia relativa acumulada.

En primera instancia, se determina algunos parámetros como el número de data (n) que es de 44557, luego se establece la media, máximo y mínimo, donde se obtuvo una media de 215 W/m², un máximo de 412 W/m², y un mínimo de 0.074 W/m². A continuación, para hallar el valor de ancho se define la muestra que es de 33, para luego aplicar la ecuación 1, de tal manera que, se pueda obtener el ancho y conocer los tiempos de espera, datos que se pueden observar en la Figura 2.

$$Ancho(A) = \frac{máximo - mínimo}{número\ de\ clases} \quad (1)$$

	Media	215
Número de datos (n)	44557	clases
	Muestra	33
	Máximo	412
	Mínimo	0,074
	ANCHO =	12,4919148
Valor del Ancho		13

Figura 2. Estadística de la data de irradianción

Una vez determinados los parámetros necesarios, se realiza un diagrama de frecuencias, en la que se utilizaron las siguientes ecuaciones.

Frecuencia relativa.

$$F.r = \frac{F.\alpha}{total} \quad (2)$$

Frecuencia relativa acumulada.

$$F.r.A = F.r.A(clase\ anterior) + F.r(clase\ actual) \quad (3)$$

Frecuencia porcentual.

$$F.\% = (F.r * 100)\% \quad (4)$$

Frecuencia porcentual acumulada.

$$F.\%.A = (F.r.A * 100)\% \quad (5)$$

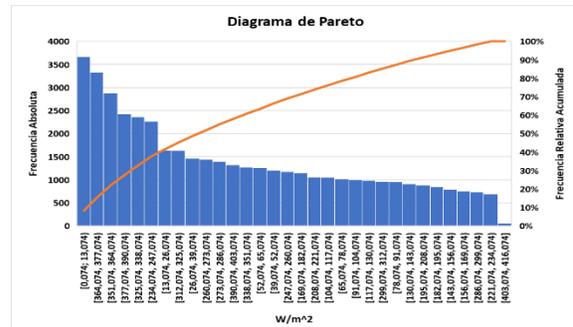


Figura 3. Diagrama de frecuencias de la data de irradianción.

2.3. Diagrama unifilar del sistema actual

En la Figura 4 se puede visualizar el diagrama unifilar del sistema actual de la bananera que consta de un tablero principal y uno secundario, el principal consta de 5 circuitos, 2 de iluminación, uno para el aire acondicionado, uno para los tomacorrientes y otro para la bomba. El secundario conlleva 3 circuitos, uno para la iluminación, otro para los tomacorrientes y el último para las neveras. Para el estudio del proyecto se considera como punto estratégico el tablero principal para la instalación del analizador de redes, así como, determinar la curva diaria de todas las cargas de la bananera.

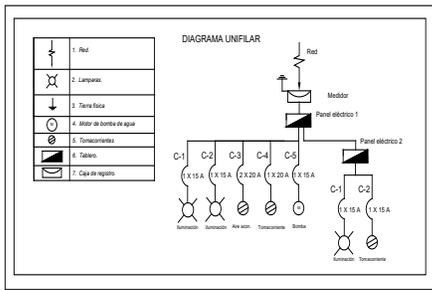


Figura 4. Diagrama unifilar del sistema actual

2. 4. Análisis estadístico de la carga

Una vez encontrada la irradiancia solar de la bananera se procede a encontrar la curva de carga, la cual se obtuvo mediante la visita a las instalaciones para realizar un estudio de las diferentes cargas existentes. En el tablero principal que consta de una instalación monofásica 220V, se instaló un analizador de redes FLUKE 435 serie II. Se determinó las corriente, voltajes y potencias de cada fase en un rango de 10 segundos durante 7 días seguidos, de esta manera se conoce el consumo total de potencia por las cargas, y así se puede realizar un estudio estadístico para determinar la potencia máxima, mínima y la curva de carga diaria.

Tabla 2. Carga diaria

Hora	kW	Hora	kW
0	830	12	1.380
1	882	13	1.294
2	890	14	1.440
3	766	15	1.440
4	750	16	702
5	922	17	610
6	958	18	690
7	950	19	640
8	1.108	20	660
9	742	21	680
10	696	22	680
11	1.060	23	840

En la Tabla 2, se presenta el consumo de potencia durante todo el día en intervalos de 1 hora para ingresar cargas en el software Homer Pro, mientras que en la Figura 5, se determina la curva de carga diaria de la bananera, con una carga pico de 1.980 kW durante el medio día en adelante. Desde las 20 horas hasta la 5 de la mañana el consumo no varía tanto, debido a las luminarias encendidas durante la noche.

Mediante los cálculos se determinó que hay un consumo de 21.61 kWh/día, un mínimo de 600 W, promedio de 900,4 W, y una potencia pico de 1.980 kW, datos que podemos observar en la Figura 5.

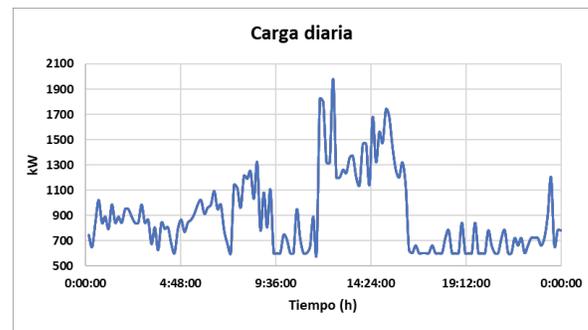


Figura 5. Carga de la Bananera (kW).

2.5. Validación del modelo matemático

A continuación, en la Tabla 3, se presentan datos técnicos del panel solar utilizado para el modelamiento, donde se realiza el cálculo a través de un modelo matemático diferente al que utiliza el software HOMER Pro, gracias a esto se validará dicho modelamiento.

Tabla 3. Costo anual.

Parámetros del módulo fotovoltaico						
Type	Max. Power output (W)	Max. Power voltage (V)	Max. Power current	Open circuit voltage (V)	Short circuit current	Price (\$)
JAM 72S20	345	38.39	8.99	47.05	9.54	220.50

Temperature Coefficient of Isc(α_{Isc}) +0.044%/°C
 Temperature Coefficient of Voc(β_{Voc}) -0.272%/°C
 Temperature Coefficient of Pmax(γ_{Pmp})-0.350%/ C
 Tst = 25°C
 Ist = 1000 W/m2

En primer lugar, se debe calcular la corriente del punto de funcionamiento óptimo del módulo en condiciones deseadas con la siguiente fórmula.

$$i_{PV} = i_{PV} \left(1 - C_1 \left[\exp \left(\frac{V_{PV} - \Delta V}{C_2 * V_{OC}} \right) - 1 \right] \right) + \Delta i \quad (6)$$

$$i_{PV} = 9.54 \left(1 - 0.941153 \left[\exp \left(\frac{35.7808 - 2.6092}{(-0.292171) * 47.05} \right) - 1 \right] \right) + (-7.93323) = 10.0354$$

donde,

$$C_1 = \left(1 - \frac{i_{mp}}{i_{sc}} \right) \exp \left(- \frac{V_{mp}}{C_2 * V_{OC}} \right) \quad (7)$$

$$C_1 = \left(1 - \frac{8.99}{9.54} \right) \exp \left(- \frac{38.39}{(-0.292171) * 47.05} \right) = 0.941153$$

$$C_2 = \frac{V_{mp} / (V_{OC} - 1)}{\ln \left(1 - \frac{t_{mp}}{t_{sc}} \right)} \quad (8)$$

$$C_2 = \frac{38.39 / (47.05 - 1)}{\ln \left(1 - \frac{8.99}{9.54} \right)} = -0.292171$$

Y el voltaje del punto de funcionamiento óptimo del módulo en condiciones arbitrarias (V) se da por.

$$V_{PV} = V_{mp} \left[1 + 0.0539 * \log \left(\frac{I_T}{I_{st}} \right) \right] + \beta_o * \Delta T \quad (9)$$

$$V_{PV} = 38.39 \left[1 + 0.0539 * \log \left(\frac{165}{1000} \right) \right] + (-0.300) * (3.3) = 35.7808$$

$$\Delta V = V_{PV} - V_{mp} \quad (10)$$

$$\Delta V = 35.7808 - 38.39 = -2.6092$$

$$\Delta i = \alpha_0 \left(\frac{I_T}{I_{st}} \right) \Delta T + \left(\frac{I_T}{I_{st}} - 1 \right) \quad (11)$$

$$\Delta i = 0.06 \left(\frac{165}{1000} \right) 3.3 + \left(\frac{165}{1000} - 1 \right) 9.54 = -7.93323 \quad (12)$$

$$\Delta T = T_{cell} - T_{st} \quad (13)$$

$$\Delta T = 28.3 - 25 = 3.3$$

$$T_{cell} = T_A + 0.02 * I_T$$

$$T_{cell} = 25 + 0.02 * 165 - 28.3$$

Donde (iSC) es la corriente de cortocircuito del módulo, (Vmp) es el voltaje de potencia máxima del módulo, (VOC) es el circuito abierto voltaje del módulo, (imp) es la corriente de potencia máxima del módulo, (IT) la radiación solar total en el panel inclinado, (IST) es radiación solar estándar (1000 W/m2), (α_0) es la temperatura actual coeficiente de apertura del módulo, (β_0) es la temperatura del voltaje coeficiente del módulo y (TA) es la temperatura ambiente [28].

La potencia de salida total del campo fotoeléctrico por hora se da de la siguiente manera:

$$P_{PV} = n_{PV} * V_{PV} * I_{PV} \quad (14)$$

$$P_{PV} = 18 * 35.7808 * 10.0354 = 6.0kW$$

Costo nivelado de energía

$$LEC = \frac{\left(\frac{cror}{n} \right) + Crun}{\sum PL} \quad (15)$$

$$LEC = \frac{\left(\frac{6528.93}{25} \right) + 675.13}{12633} = 0.074 (\$/ kWh)$$

2.6. Máxima transferencia de potencia del panel solar al sistema

Durante la investigación se utilizó un panel solar de 72 celdas, la cual en la Tabla 4, se presentan los valores de operación.

Tabla 4. Valores de tensión y corriente de funcionamiento del panel solar.

Voltaje (V)	Corriente (A)
0	9.54
30	9.35
40	8.4
41.76	7
43.4	5.2
43.9	4.6
44.35	4
44.85	3.3
45.28	2.7
46.3	1.2
47.05	0

Mediante la Tabla 4, se determinó la corriente de cortocircuito de 9.54 A, y un voltaje de circuito abierto de 47.05 V, presentado en la Figura 6.

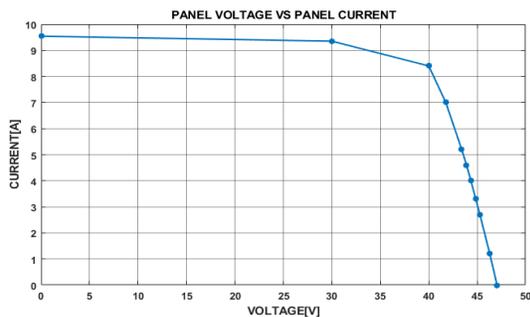


Figura 6. I-V curva característica.

Para evaluar la dependencia lineal del modelo, la Figura 7 muestra las curvas correspondientes a los valores de voltaje del panel dados en la Tabla 2.5 y la modelo descrita en la ecuación siguiente.

$$V_p = nNV_T \ln(I_{psc} - I_p) - nNV_T \ln(I_o) \quad (16)$$

Se puede probar la variación lineal de la gráfica, entonces se usa la ecuación en línea recta para expresar la ecuación 17.

$$y = mx + b \quad (17)$$

Donde

$$m = nNV_T$$

$$x = \ln(I_{psc} - I_p)$$

$$b = nNV_T \ln(I_o)$$

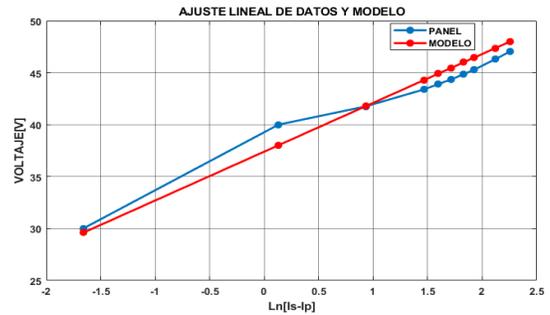


Figura 7. Ajuste lineal de datos de panel y modelo.

Para hacer una regresión lineal con los datos de la Tabla 4, se usa la caja de herramientas de ajuste de curvas de Matlab, obteniendo los siguientes valores de m y b:

$$m=1,4012$$

$$b=11.1238$$

Al usar el valor de b y considerando el valor de n = 20 para celdas de silicio, N = 72 correspondiente al número de celdas solares y = 26mV, se calcula el valor de la corriente de saturación obteniendo el siguiente valor.

$$I_o = 3.5 * 10^{-4} A$$

2.7. Simulación en Simulink/Matlab

Para la validación y confianza del modelamiento del sistema fotovoltaico, se realizó una simulación en Simulink, considerando las características del panel solar utilizados para esta investigación, también se utilizó el algoritmo MPPT para esta simulación, la cual se observa en la Figura 8.

Para conocer si el modelamiento propuesto sufre con las cargas de la bananera se realiza la validación con la simulación en el software Matlab, se considera algunos aspectos como la irradiancia solar, los parámetros del módulo fotovoltaico, la carga de la bananera, de tal modo, realizar la simulación con el flujo de carga del día

en el sistema y determinar la potencia de generación con el consumo de las cargas, como también conocer la curva de potencia necesaria de la red para cubrir la carga de la bananera en tiempos de escasez de irradiancia, aquel modelo se aprecia en la Figura 8.

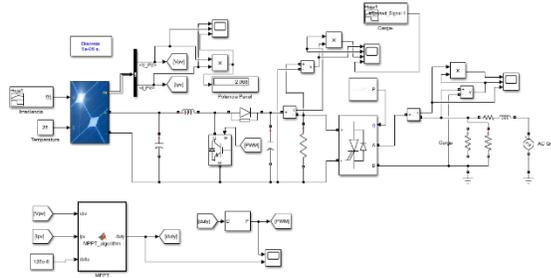


Figura 8. Modelo del sistema con el flujo de potencia en Matlab.

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con el modelamiento en el software HOMER Pro, se puede apreciar que la opción más factible que nos recomienda el software para la optimización del sistema es la que cuenta con una cantidad 6 kW de potencia por parte de la generación fotovoltaica, y un inversor de 4 kW, considerando una potencia de 6 kW de la red. En la Tabla 5, se puede deducir de acuerdo a la irradiancia solar de la zona, se necesita una inversión inicial de \$6,528.93 para este sistema de optimización. A partir de lo anterior, se tiene en consideración que aquel software brinda varias alternativas de optimización, pero para esta investigación se tomará en cuenta la opción 1.

Tabla 6. Costo anual

Configuración óptima	PV (kW)	Costo del capital inicial (\$)	Costo de operación (\$/Yr)	Costo presente neto total (\$)	Costo de la energía (\$/ kWh)	Fracción renovable
HOMER results	6.00	6.529	265,99	9.967	0.061	68.0

Como se presenta en la Figura 7, se determina que para este sistema se necesita una inversión de \$4,528.93 destinado a los paneles solares, considerando todos los elementos auxiliares y mano de obra de la instalación,

con una vida útil estimada de 25 años acorde con los fabricantes de aquellos dispositivos, el costo de operación y mantenimiento será de \$475.63 durante los 25 años, se obtiene un total de inversión en los PV de \$5,074.93.

Con base en lo anterior, se puede inferir que para el inversor es necesario destinar \$1,929.53, pero debido a que estos dispositivos proporcionan una vida útil de 15 años, se realizará un reemplazo en aquel tiempo deducido, al considerar un costo de operación y mantenimiento de \$199.50, donde se obtiene un total de inversión en el convertidor de \$2,727.14. En concordancia con el precio del kWh que brinda la empresa eléctrica se necesitará un valor de \$2,165.39 para satisfacer la demanda de la bananera, obteniendo un total de inversión en todo el sistema de \$9,967.45 a los 25 años.

Tabla 7. Costo total de la instalación

Nombre	Capital	Operación	Reemplazo	Total
Panel	\$4,528.30	\$475.63	\$0.00	\$5,074.93
Red	\$0.0990	\$2,165.29	\$0.00	\$2,165.39
Sistema de conversión	\$1,929.53	\$199.50	\$736.78	\$2,727.14
Sistema	\$6,528.93	\$2,840.41	\$736.78	\$9,967.45

La Tabla 8 muestra la producción media mensual del sistema, donde se observa la producción de un sistema fotovoltaico de 9.168 kWh al año, con un consumo de red de 4.048 kWh para el mismo periodo de análisis, lo que equivale a un total de 13.216 kWh anuales. Por otro lado, se puede reflejar en el diseño de la banda donde el color azul claro representa el sistema de paneles fotovoltaicos (PV). Como resultado la carga primaria del sistema PV es de 7.888 kWh/año, y de la red de 4.745 kWh/año, con un total de 12.633 kWh/año.

Tabla 8. Producción de energía durante el año

Componente	Producción (kWh/año)	Porcentaje
Panel	9.168	69.4
Red	4.048	30.6
Total	13.216	100

Mientras que en la Tabla 9 se presenta el exceso de la energía durante el año.

Tabla 9. Excedente de electricidad

Cantidad	Valor	Unidad
Exceso de electricidad	272	kWh/año

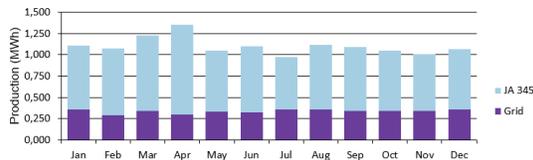


Figura 9. Resultados de producción eléctrica promedio mensual en HOMER Pro

De acuerdo con la penetración renovable HOMER Pro, la cual brinda algunos datos como se observa en la Tabla 10. En las métricas basadas en la capacidad tanto en las renovables nominal como la utilizable se tiene un 100%. En relación con las métricas basadas en energía se tiene: una producción renovable total dividida por carga del 72.6%, la total dividida por generación un 69.4%, uno menos la producción total no renovable dividida por la carga del 100%.

Tabla 10. Producción total renovable de energía

Métricas de base de energía	Valor	Unidades
Producción total renovable dividida por carga	72.6	%
Producción total renovable dividida por generación	69.4	%
Uno menos la producción no renovable total dividida por la carga	100	%

En seguida, en la Tabla 11, se aprecia la salida fotovoltaica del sistema, la cual se interpreta mediante un código de colores, que la salida de generación por parte del panel solar varía entre 0 kW y 6 kW de capacidad nominal, con una salida media de 1,05 kW y 25,1 kWh/d, y un factor de capacidad de 17.4%, se produjo un total de 9,168 kWh/año. Considerando que su salida mínima es de 0 kW y la máxima de 5.43 kW.

Tabla 11. Producción de energía durante el año

Cantidad	Valor	Unidad
Capacidad nominal	6.00	kW
Salida media	1.05	kW
Salida media	25.1	kWh/día
Factor de capacidad	17.4	%
Producción total	9,168	kWh/año
Salida máxima	5.43	kW
Costo nivelado	0.0428	\$/kWh

Las características de salida del inversor se muestran en la Tabla 12, la cual necesita una capacidad de 4 kW por parte del convertidor, considerando una salida mínima de 0 kW, una media de 0.98 kW y una máxima de 4 kW. Ahora bien, en atención al inversor sobre la conversión de la energía eléctrica se puede observar las siguientes características técnicas (ver Tabla 12).

Tabla 12. Producción de energía del inversor en el año

Cantidad	Valor	Unidades
Tiempo de operación	4,406	hrs/día
Energía de salida	8,585	kWh/año
Energía de entrada	8,897	kWh/año
Perdidas	311	kWh/año
Capacidad	4.00	kW
Media Salida	0.98	kW
Mínima Salida	0	kW
Máximo Salida	4.00	kW

Máxima transferencia de potencia del sistema fotovoltaico

Al reemplazar los valores de m e l_0 en la ecuación 17, obtenemos el modelo matemático que describe el comportamiento del panel solar utilizado en esta investigación. Las Figuras 10 y 11 muestran las curvas características I-V y P-V del panel y del modelo obtenido, respectivamente.

Figura 10. I-V curva característica del panel y modelo.

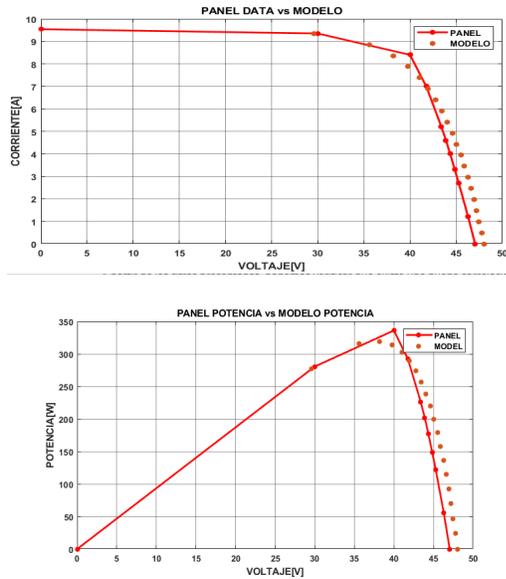
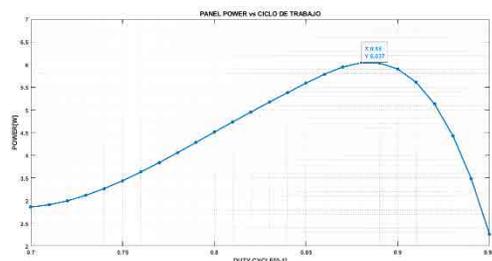


Figura 11. P-V Curva característica fotovoltaica del panel y modelo

A partir de las figuras anteriores, podemos verificar que existe una buena correlación entre los datos medidos y los obtenidos por el modelo matemático expresado por la ecuación 16.

Finalmente, en la Figura 12, se presenta la potencia suministrada por el panel solar para diferentes valores de ciclo de trabajo de la señal PWM, siendo el valor de 0.88 donde el panel puede transferir la máxima potencia de 6.037 W.

Figura 12. Transferencia de energía del panel a la batería frente al ciclo de trabajo de PWM



Simulación y validación en Simulink/Matlab

Con los parámetros de la irradiancia solar y el arreglo de los paneles solares con sus características internas se determinó algunos aspectos de resultados en el diseño del sistema fotovoltaico en Matlab/Simulink, resultados que se visualizan en la Tabla 13.

Tabla 13. Resultados de Simulink

Voltaje del panel	Voltaje de MPPT	Corriente del panel	Corriente de MPPT	Potencia del panel	Potencia de MPPT
38.92	80.17	159.8	80.17	6.220	6.427

A continuación, en la Figura 13, se aprecia las curvas de corriente, voltaje y potencia por parte del panel solar como se visualiza en la Tabla 13. Mientras que en la Figura 14, se observa las curvas de corriente, voltaje y potencia de la energía aplicando el algoritmo MPPT.

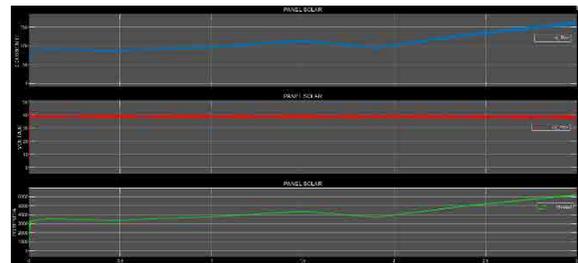


Figura 13. Corriente, voltaje y potencia del panel.

Para poder obtener la máxima potencia generadas por los paneles solares se consideró la aplicación del algoritmo MPPT en la simulación, en la Figura 14, se observa el voltaje, la corriente, y la potencia (6.4kW) del sistema pasando por el algoritmo MPPT.

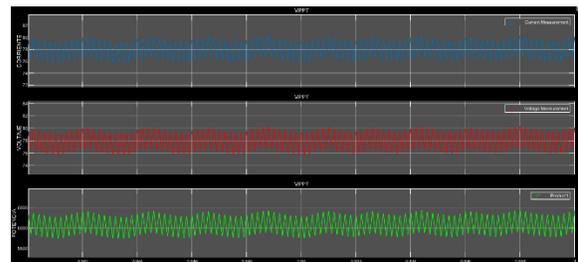


Figura 14. Corriente, voltaje y potencia del sistema.

Con el ingreso de la curva de irradiancia solar en el día, se determinó la potencia generada por los paneles solares mediante la simulación en el software Matlab con un arreglo del sistema de 6 kWp, como se observa en la Figura 15, la potencia asciende a partir de las 6:00 de la mañana alcanzando una potencia de 1kW alrededor de las 7 de la mañana, y una potencia mayor a 3 kW en el transcurso del medio día.

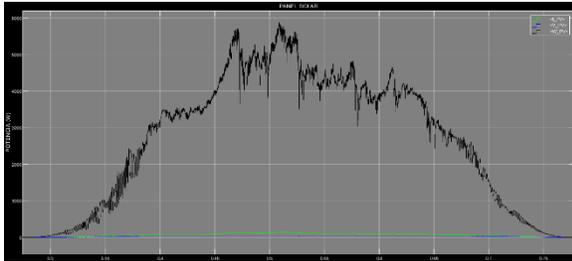


Figura 15. Potencia de generación del sistema FV.

Para analizar el abastecimiento de la potencia en el sistema se determina la potencia generada durante el día, así como, la potencia consumida por las cargas, de tal forma que, se fija si la potencia generada cubre con la carga. Además, se conoce si existe tiempo donde no cubre toda la carga por ineficiencia de irradiancia solar. Igualmente, se observa que para satisfacer la carga durante la noche se hace uso de la energía de la red por la no existencia de luz solar, como también hay tiempos en el día donde se genera mayor potencia de la consumida, la cual es inyectada a la red.

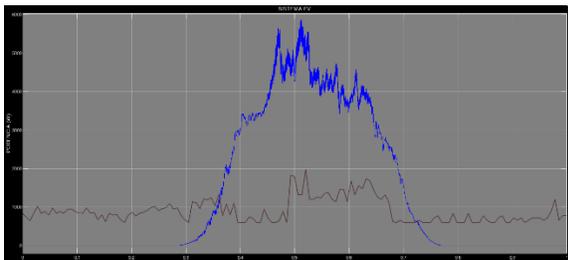


Figura 16. Potencia generada y consumida por el sistema.

La Figura 16 representa la curva de generación y consumo de la bananera y, por ende, en la hora de la noche la energía extraída es de la red. En la Figura 17, se determina la potencia excedente de generación, dada durante las

8:00 hasta las 16:00 horas, la cual se inyectará a la red para el respectivo consumo de otros usuarios.

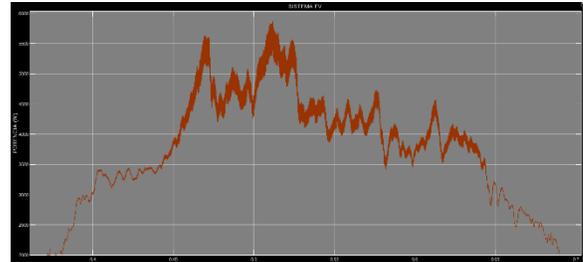


Figura 17. Potencia excedente de generación.

Diagrama unifilar del modelamiento del sistema

En el diagrama de la Figura 18, se puede determinar el antiguo sistema con los diferentes circuitos de carga, pero esta vez se aprecia el esquema completo del modelamiento del nuevo sistema fotovoltaico conectado a la red.

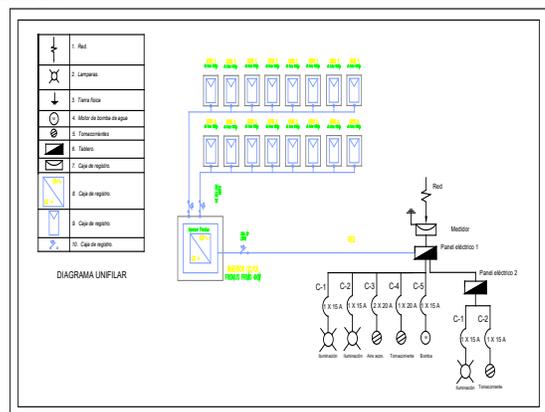


Figura 18. Diagrama unifilar del modelamiento del sistema

Resultados de validación del sistema fotovoltaico

Una vez terminado de realizar el cálculo mediante el software HOMER Pro, del código del modelo matemático en Matlab y de la simulación del sistema en Simulink, se puede obtener la validación del modelamiento del sistema fotovoltaico conectado a la red con los siguientes datos de la Tabla 14.

Tabla 14. Validación del sistema fotovoltaico

Configuración óptima	PV (kW)	Costo del capital inicial (\$)	Costo de operación (\$/Yr)	Costo presente neto total (\$)	Costo de la energía (\$/ kWh)
Resultados de HOMER	6.000	6.529	675,13	9.967	0.061
Resultado del código de simulación Matlab	6.000	6.529	675,13	10.051	0.074
Resultados de Simulink	6.427	-	-	-	-

Como se observó en la Tabla 14 se puede determinar que el Software HOMER Pro, brinda la mayor optimización del sistema fotovoltaico, con 6 kW y un precio de la energía de 0.061 (\$/kWh).

Validación técnica -económica de los resultados

Para comprender sí el modelamiento tiene rentabilidad y establecer el último objetivo específico, es de suma importancia realizar un análisis económico, que comprende varios factores, como los que veremos a continuación:

Tabla 15. Costo anual

Demanda kWh/año	13.216
Costo del kWh	\$ 0,061
Costo anual	\$ 806,18

El costo inicial del capital es de \$6.528.93, se considera 25 años de vida útil del sistema fotovoltaico, teniendo presente que con un buen mantenimiento aquel sistema puede extender su vida útil, el interés se estableció un 12% de acuerdo con el interés del Ecuador.

Tabla 16. Payback

SISTEMA SOLAR	
Inversión inicial	\$ 6.528,93
Costo anual	\$ 806,18
Años	25
Interés	0,12
Factor P/A	7,843
Valor presente	\$ 6.322,95
VAN	\$ 12.851,88
TIR	32%
A/P	0,1275
A	\$ 832,44
CAN	\$ 1.638,61
PAYBACK	7,8

4. CONCLUSIONES

Con el instrumento piranómetro SMP-10 clase A, se logra encontrar la irradiancia solar de la zona con un máximo de 7.28 (kWh/m² /día) en el mes de abril y un min de 4.05 (kWh/m² /día) en julio, determinado el análisis de las curvas de frecuencias absolutas y acumuladas. Mediante la toma de datos con el analizador de carga se halló la curva de carga de la bananera “PRODUFRU S.A” en el Cantón Ventanas durante 7 días, determinando el tiempo de carga máxima y mínima durante el día, con un máximo de 1.980 kW y un min de 600 W, con un consumo de 21.61 kWh/día.

Por medio del software HOMER Pro, se logró encontrar el método eficiente del modelamiento del sistema fotovoltaico conectado a la red, donde se determinó la mejor opción con una generación fotovoltaica de 6 kW de energía fotovoltaica y una conversión por parte del inversor de 4 kW, de esta manera, poder cubrir la mayor parte de la energía que se pueda aprovechar, de acuerdo con varios factores como los precios de los equipos, O&M, reemplazo y mano de obra.

El precio de la energía del sistema equivale a \$0.061 (COE), con un costo de capital inicial de \$6,529, y un

costo de operación y mantenimiento de 675.63 (\$/año), produciendo 9,168 (kWh/año), y de tal forma el (NPC) equivalente a los 25 años será de \$9,967. También se realizó el diagrama unifilar de como quedaría la propuesta del sistema. Como también se llega a concluir que la energía generada por el sistema fotovoltaico cubre toda la demanda durante el día, a veces se genera más de lo consumido la cual se inyecta a la red, y tiempos que se debe importar de la red debido a los escasos de irradiación solar durante la noche.

En concordancia con el estudio técnico económico realizado para los 25 años de vida del sistema fotovoltaico, se obtiene una demanda de 13.216 kWh/año, con un costo de \$0.061 de la energía generada con un costo anual de \$806.18, también se consideró un factor de P/A de 7,843, y se puede concluir que la inversión se la recuperará en un periodo de tiempo de 7,8 años, con un TIR de 32% y un VAN de \$12.851.88, teniendo en cuenta que este tipo de sistema deben ser manipulados por personas capacitadas para evitar un mal uso y generar gastos innecesarios.

REFERENCIAS

- [1] J. C. Pisco, Á. I. Torres and D. A. Figueroa (2020) "Diseño de un sistema híbrido aislado para abastecer una hacienda en el Cantón Quevedo Hacienda Quirola- Bananera," 25-03-2020, p. 5.
- [2] C. Meriem, C. Asma, M. Mohamed, S. Aicha, R. Energies, and R. Energies (2016) "Study of a photovoltaic system connected to the network and simulated by the code PVSYS," pp. 0–4, <https://doi.org/10.1109/NAWDMPV.2014.6997605>
- [3] S. Mehta and P. Basak (2020) "A case study on PV assisted microgrid using HOMER pro for variation of solar irradiance affecting cost of energy," PIICON 2020 -9th IEEE Power India Int. Conf., <https://doi.org/10.1109/PIICON49524.2020.9112894>
- [4] W. Guapucal (2021) "Estudio de factibilidad para el sistema de generación fotovoltaica aplicada a la fundación 'children of the andes humanitarian,'" Tesis, pp. 1–114, [Online]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19840>
- [5] M. G. Mago-Ramos, L. Vallés-Defendine, J. J. Olaya-Flórez, and C. Palomino-Naranjo (2016) "Aplicación del modelo de control en espacios de estado a partir de las pérdidas totales obtenidas del porcentaje de carbono de la chapa de acero al silicio," *Iteckne*, Vol. 13, no. 2, p. 127. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-17982016000200003&script=sci_abstract&lng=es
- [6] H. Ramos and R. Luna (2017) "Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red para el área De estacionamiento de la Universidad Tecnológica De Salamanca," Tesis Maest., p. 101, [Online]. Available: <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/521/1/Tesis%20Rafael%20Luna%20Puente%2C%20Humberto%20Ramos%20L%C3%B3pez.pdf>
- [7] Y. Shi, Y. Sun, J. Liu, and X. Du (2021) "Model and stability analysis of grid-connected PV system considering the variation of solar irradiance and cell temperature," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 132, November, p. 107155, <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107155>
- [8] B. Marion (2021) "Evaluation of clear-sky and satellite-derived irradiance data for determining the degradation of photovoltaic system performance," *Sol. Energy*, Vol. 223, 15 July, pp. 376–383, <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.05.071>
- [9] T. Ma, H. Yang, and L. Lu (2014) "Solar photovoltaic system modeling and performance prediction," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, Vol. 36, pp. 304–315, August. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.04.057>
- [10] Homer Energy, "HOMER Help Manual," 2015. https://www.homerenergy.com/pdf/HOMER2_2.8_HelpManual.pdf <tp://www.ugr.es/local/recfpro/Rev31ART3.pdf>

ANÁLISIS DE LA INTENSIDAD SÍSMICA MÁXIMA MEDIANTE LA TEORÍA DE VALORES EXTREMOS

Analysis of the Maximum Seismic Intensity Through the Theory of Extreme Values

Jonathan Alfonso Pérez

Universidad de Santander, Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agropecuarias.

Email: yhperez2@gmail.com

(Recibido mayo 12 de 2022 y aceptado junio 12 de 2022)

Resumen

El objetivo de este estudio fue analizar el comportamiento sísmico de la región pacífica de Colombia. Para el desarrollo del estudio se incluyó magnitudes sísmicas locales de los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño entre los años 1993 y 2018. En este sentido, y mediante el uso de la teoría de valores extremos, se analizaron las magnitudes máximas en los eventos sísmicos ocurridos para obtener, así, modelos que describen el comportamiento de las observaciones por medio del método de bloques máximos y excedencias del umbral, que permiten asociar las magnitudes máximas de cada uno de los departamentos a un tipo de distribución como lo son: Gumbel, Weibull o Frechet, a partir de Distribución de Valores Generalizada o Beta, Exponencial o Pareto con uso de la Distribución de Pareto Generalizada. Los resultados obtenidos muestran niveles de retorno 5.08, 6.03, 6.88 y 7.24 para los periodos de retorno de 2, 10, 50 y 100 años, respectivamente, para el departamento de Chocó mediante el método de bloque máximo (Gumbel). De igual forma, a través del método de excedencias de umbral (Exponencial), se estima que, en 100 años, pueden ocurrir terremotos en Chocó de magnitud igual o mayor a 7.2 en la escala de Richter.

Palabras claves: *teoría valores extremos, distribución valores extremos generaliza, distribución de pareto generalizada, magnitud, nivel de retorno.*

Abstract

The objective of this study was to analyze the seismic behavior of the Pacific Region of Colombia. For the development of the study, local seismic magnitudes of the departments of Chocó, Valle del Cauca, Cauca, and Nariño were included between the years 1993 and 2018. In this sense, and through the extreme value theory, the maximum magnitudes in the seismic events that occurred were analyzed to obtain models that describe the behavior of the observations by using the method of maximum blocks and threshold exceedances, which allows the magnitudes to be associated of each of the departments to a type of distribution such as: Gumbel, Weibull or Frechet, from the Widespread Distribution of Values or Beta, Exponential or Pareto with use of the Generalized Pareto Distribution. The results obtained show return levels of 5.08, 6.03, 6.88 and 7.24 for the return periods of 2, 10, 50 and 100 years, respectively, for the department of Chocó using the maximum block method (Gumbel). Likewise, using the method of threshold exceedances (Exponential), it is estimated that, in 100 years, earthquakes of magnitude equal to or greater than 7.2 on the Richter scale may occur in Chocó.

Keywords: *extreme values theory, widespread extreme values distribution, widespread pareto distribution, magnitude, return level.*

1. INTRODUCCIÓN

La amenaza o peligro es un evento físico potencialmente perjudicial, un fenómeno natural y/o actividad humana que puede causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental [1]. En general, se considera como amenaza la probabilidad de ocurrencia de todo evento que afecte a seres humanos. Asimismo, la amenaza sísmica es un fenómeno físico asociado a un sismo, tal como el movimiento fuerte del terreno o falla de este, que tiene el potencial de producir una pérdida [2].

La actividad sísmica del Pacífico colombiano es ciertamente alta. Algunos eventos han superado los 8,1 grados en la escala de Richter como el ocurrido el 12 de diciembre de 1979 con epicentro en el pacífico, que afectó las costas de Nariño y Cauca, con un registro de 450 fallecimientos, más de 1000 heridos y grandes pérdidas materiales. En 1983 un sismo considerado de moderada magnitud 5.5 en la escala de Richter dejó alrededor 300 muertos y más de 10 mil damnificados en la ciudad de Popayán. La historia se repite cada tanto y no hay certeza de predecirlos.

A la fecha, muchos de los modelos que evalúan la amenaza en la ocurrencia de eventos sísmicos emplean métodos probabilísticos paramétricos basados en leyes estadísticas, obtenidos a partir de la información contenida en un catálogo de sismos [3]. Este es el caso del Proceso de Poisson homogéneo, caracterizado, entre otras cosas, por su falta de memoria, lo que implica que la ocurrencia de sismos en el pasado no afecta la ocurrencia futura [4]. Así mismo, el método línea fuente planteado por Cornell, apoyado en la adopción de un modelo de zonas sismogenéticas y el ajuste de la sismicidad de cada zona a un modelo de recurrencia, a saber, la formulación clásica del modelo Gutenberg-Richter (GR) [5].

Al considerar que los métodos probabilísticos paramétricos se basan en la información de los catálogos sísmicos. “no son completos para todos los terremotos contenidos en él, ya que no contiene todos los terremotos pequeños

e intermedios ocurridos en épocas antiguas. Para evitar este problema, se ha aplicado a la evaluación de la peligrosidad la teoría de valores extremos desarrollada por Gumbel en 1954” [6].

Por tal razón se plantea analizar el comportamiento sísmico de la región pacífica de Colombia entre los años 1993-2018, mediante la teoría de valores extremos, debido a que se centra en los eventos sísmicos de gran magnitud, siendo estos los que pueden hacer daño. De igual forma, identificar las zonas de mayor amenaza sísmica en la región pacífica, basado en los niveles de retorno estimados a partir de los métodos de bloque máximo y umbral de la teoría de valores extremos.

2. METODOLOGÍA

Los datos se obtuvieron del catálogo de sismicidad publicado en la Red Sismológica Nacional de Colombia, compuesto por los movimientos telúricos desde el 1 de junio 1993 al 28 de febrero del 2018, el cual cuenta con 175.327 sismos de diferentes magnitudes. Entre ellos, la región Pacífica cuenta con 19.761 lo que la ubica como la segunda región con mayor sismicidad, distribuidos de la siguiente manera: Chocó 7680, Valle del Cauca 6749, Nariño 3432 y Cauca 1900.

En el estudio se propone utilizar alguna de las familias que engloban Distribución Generalizada de Valores Extremos (DEVG), como Gumbel, Weibull o Frechet, así como las distribuciones Exponencial, Pareto o Beta relacionadas con la Distribución Generalizada de Pareto (GPD), a partir de la estimación del parámetro forma y luego modelar los eventos sísmicos en cada uno de los departamentos de la región pacífica mediante la distribución de probabilidad para el valor máximo de los eventos en bloques de un año y observaciones mayores a un umbral.

En el primer caso, se manejó bloques de un año y los datos que se utilizaran son las magnitudes locales máximas en cada uno de los departamentos: 26 por cada uno para un total de 104 registros en la región Pacífica. Ya en el segundo caso, se utilizó el umbral óptimo para cada uno

de los departamentos a partir del total de eventos en la región la pacífica.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Inicialmente, se ajustaron los 26 datos a la DEVG y se estiman los valores que maximizan la función de máxima verosimilitud del vector de parámetros (μ, σ, ξ) de la DEVG para cada uno de los departamentos de la región pacífica:

Tabla 1. Valores que Maximizan la Función de Máxima Verosimilitud DEVG

Departamento	μ	σ	ξ
Chocó	4.865	0.483	0.106
Valle del Cauca	4.484	0.548	-0.056
Nariño	4.463	0.485	-0.035
Cauca	3.925	0.726	-0.042

Con lo anterior, se evidencia que mediante la estimación de máxima verosimilitud el valor de localización (μ) es mayor en el departamento de Chocó, indicando sismicidad alta en comparación con Cauca, Nariño y Valle del Cauca respectivamente. De igual manera, la distribución de las observaciones para Cauca es más amplia con respecto a los demás departamentos, ya que el valor del parámetro escala (σ) estimado es el mayor.

Finalmente, el valor del parámetro de forma (ξ) hace referencia al comportamiento de las magnitudes sísmicas; se evidencio que el estimado para Chocó fue $\xi=0.1064365$, el cual es mayor a 0, lo que indica que los datos pertenecen al modelo de Frechet. Por otro lado, los departamentos restantes se ajustan al modelo de Weibull, ya que su valor del parámetro forma es negativo. Sin embargo, mediante la estimación de máxima verosimilitud e intervalos de confianza basado en verosimilitud perfil el valor para el parámetro forma es cercano a 0, lo cual indica que el modelo de Gumbel resulta adecuado, para ello se realizó una prueba de hipótesis.

En la Tabla 2 se muestra la estimación de los niveles de retorno para periodos de retorno de 20,10,50 y 100 años

y los intervalos de confianza con un nivel de significancia del 0.05.

Tabla 2. Niveles de Retorno para Modelo Gumbel

	2 años	10 años	50 años	100 años
Chocó	5.08 (4.86-5.31)	6.03 (5.57-6.5)	6.88 (6.16-7.59)	7.24 (6.41-8.06)
Valle del Cauca	4.67 (4.42-4.9)	5.68 (5.2-6.16)	6.57 (5.84-7.3)	6.95 (6.11-7.78)
Nariño	4.63 (4.41-4.85)	5.54 (5.12-5.96)	6.34 (5.7-6.97)	6.67 (5.95-7.4)
Cauca	4.17 (3.85-4.49)	5.52 (4.88-6.16)	6.7 (5.73-7.67)	7.2 (6.1-8.3)

El departamento de Chocó, como se ve, tiene mayor amenaza sísmica en los periodos de retorno planteados. Entre ellos, un evento próximo, estimado en 2 años, con una magnitud sísmica igual o mayor a 5.08, con un nivel de confianza del 95%, de magnitud entre 4.86 y 5.31.

Como ejemplo a dicha estimación, el Sistema Geológico Colombiano reportó la ocurrencia de eventos sísmicos, que corresponden al intervalo estimado mediante la distribución de Gumbel, entre ellos el ocurrido en el municipio de Jurado el 24 de mayo del 2019 de magnitud 5; de igual manera, en Riosucio en el año 2020 ocurrió un sismo de magnitud local 5 y, finalmente, este mismo municipio fue el epicentro del sismo ocurrido el 2 de abril del 2021 de magnitud 5.1.

De igual forma, en el departamento del Valle del Cauca ocurrió un evento sísmico en el municipio de Versalles de magnitud local de 6.1 el 23 de marzo del 2019, y el 27 de enero del 2021 en la Victoria se presentó un sismo de 5.1. En el departamento del Cauca ocurrió un sismo en el municipio de Morales el 24 de mayo del 2020 de magnitud 4.2, esta se ubica en el intervalo estimado para dicho departamento, sin embargo, en Nariño no se reflejó un reporte para ese periodo de retorno.

En contraste se utiliza el método de excedencias, este enfoque comparado con el método de bloques anteriormente aplicado se centra en analizar los valores que están por encima de un valor umbral, el cual debe seleccionarse de manera rigurosa, ya que una mala elección implica alta varianza y sesgo en la inferencia de los datos. Por ende, mediante la gráfica de vida residual media se determina el umbral óptimo observando el punto donde la función deja de ser constante.

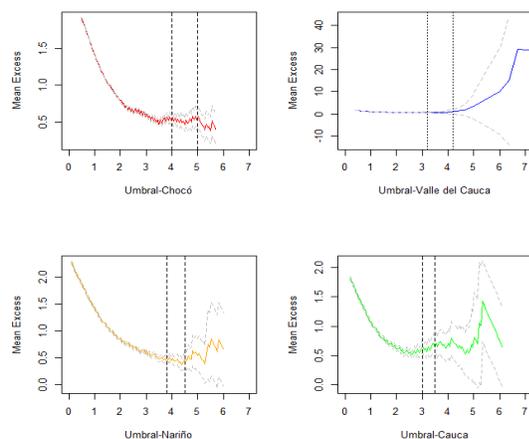


Figura 1. Excesos medios para cada uno de los Departamentos de la Región Pacífica

La Figura 1 sugiere un umbral óptimo alrededor de [4,5] para el departamento de Chocó, ya que en este intervalo la función toma un cambio diferente. En el Valle del Cauca, en cambio, la función empieza a perder su tendencia lineal en el intervalo [3,2,4,2]. Para el departamento de Nariño, alrededor de [3,8 ,4,5] el gráfico empieza a tener un cambio notorio, y, finalmente, en Cauca alrededor del intervalo [3 ,3,5] se puede encontrar el umbral. Para confirmar estos valores se pueden utilizar los gráficos de los estimados en función del umbral.

Los intervalos planteados para cada uno de los departamentos en la función de excesos y los valores estimados del parámetro forma. Los umbrales óptimos elegidos entre el intervalo dado son 4.7, 4, 4,3 y 3.4 para los departamentos Chocó, Valle del Cauca, Nariño y Cauca respectivamente.

Ahora, se determinan las excedencias a partir del umbral seleccionado para cada uno de los departamentos.

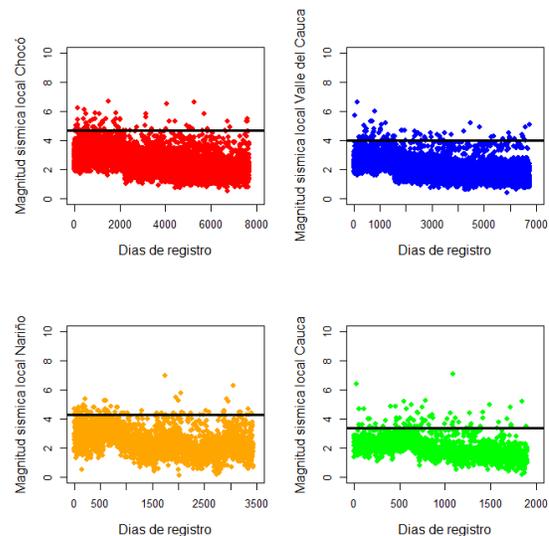


Figura 2. Dispersión de Magnitudes Sísmicas y Umbral Correspondiente

Al tener en cuenta la Figura 2, con este método se deben ajustar 65, 71, 66 y 67 excedencias para los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Nariño y Cauca, respectivamente.

Además, se ajustan las excedencias para cada departamento a partir el umbral seleccionado y se estiman los valores que maximizan la función de máxima verosimilitud del vector de parámetros (σ , ξ) de la GPD para cada uno de los departamentos de la región pacífica.

En la Tabla 3 se observa que, el parámetro forma, estimado para Chocó y Cauca son negativos, esto indica que los datos pertenecen al modelo Beta, asimismo, en los departamentos restantes los valores de (ξ) son positivos. Según lo anterior se infiere que, el modelo adecuado para las observaciones es Pareto. Sin embargo, en los cuatro departamentos (μ) es cercano a cero, por tal razón, se propone que un modelo exponencial puede ser adecuado para los datos.

Tabla 3. Valores que Maximizan la Función de Máxima Verosimilitud GPD

Departamento	σ	ξ
Chocó	0.663	-0.203
Valle del Cauca	0.488	0.333
Nariño	0.433	0.037
Cauca	0.755	-0.048

Se realizó prueba de hipótesis para modelos anidados, ya que el valor de ξ es cercano a 0, por tanto, para los departamentos de Chocó, Nariño y Cauca existe evidencia estadística que indica que los datos de cada uno de ellos se ajustan mejor al modelo exponencial y Valle del Cauca a una GPD.

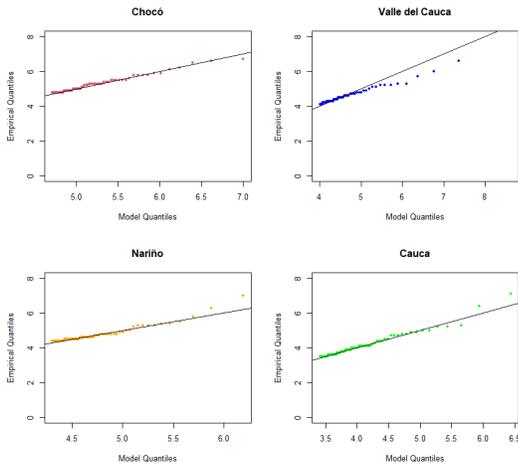
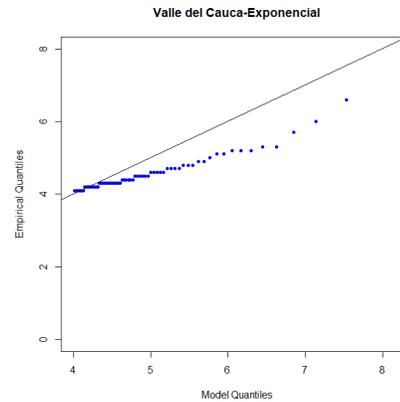


Figura 3. Gráficos Cuantil-cuantil para el Modelo Exponencial-GPD

La Figura 3 corrobora gráficamente el buen ajuste de los departamentos al modelo exponencial y GPD y expone que los datos en el Valle del Cauca son los más alejados a la línea. Esto sucede, no obstante, para pocos valores a partir de magnitudes de 5, además, se realizó prueba de hipótesis y significancia, donde era adecuado este modelo.

Dicho lo anterior, en la Figura 4 se confirma, claramente, que las observaciones para Valle del Cauca no se ajustan correctamente a un modelo Exponencial.

Figura 4. Gráficos Cuantil-cuantil para el Modelo Exponencial-Valle del Cauca



En la Tabla 4 se muestra la estimación de los niveles de retorno para periodos de retorno 20,10,50 y 100 años, y los intervalos de confianza con un nivel de significancia del 0.05.

Tabla 4. Niveles de Retorno para Modelo Exponencial-GPD

	2 años	10 años	50 años	100 años
Chocó	5,70 (5,46-5,94)	6,58 (6,13-7,04)	7,47 (6,8-8,14)	7,85 (7,08-8,61)
Nariño	5,49 (5,20-5,78)	6,21 (5,75-6,67)	6,94 (6,30-7,57)	7,25 (6,54-7,96)
Cauca	5,74 (5,18-6,30)	6,9 (6,06-7,74)	8,06 (6,95-9,18)	8,56 (7,33-9,8)
Valle del Cauca	5,43 (4,96-5,89)	7,48 (5,85-9,1)	10,98 (6,22-15,74)	13,17 (5,94-20,4)

El departamento del Valle del Cauca, como se refleja, presenta sesgo en la estimación en el nivel de retorno a partir de los 10 años, pues magnitudes locales de 10 en adelante nunca se han registrado y son consideradas como destrucción total, dicho problema es evidenciado en el ajuste de valores mayores a 5 como se mostró en

la Figura 20. Sin embargo, en el nivel de retorno 2 años para el departamento del Valle del Cauca el Sistema Geológico Colombiano reportó valores que están dentro de la predicción referida, por ejemplo, el sismo ocurrido en el municipio de Versalles de magnitud local de 6.1 el 23 de marzo del 2019, y el sismo del 27 de enero del 2021 en la Victoria, con magnitud 5.0, los cuales pertenecen al intervalo 4.96 y 5.89. Finalmente, para los departamentos restantes las magnitudes de los sismos ocurridos en este tiempo no pertenecen al intervalo predicho, con valores por encima de lo registrado.

4. CONCLUSIONES

Gracias al uso de la teoría de valores extremos se modeló el comportamiento sísmico de la región Pacífica colombiana. Para ello se utilizaron los métodos de bloques máximos y el de excedencias del umbral. Mediante máxima verosimilitud se estimó el parámetro forma en la Distribución de Valores Extremos Generalizadas y en la Distribución de Pareto Generalizada, que permitió asociar las magnitudes máximas de cada uno de los departamentos a un tipo de distribución. Dicho lo anterior, se concluye que:

Basado en la DVEG, se mostró que la distribución de Gumbel fue el modelo adecuado para la región Pacífica en conjunto. Aunque el valor del parámetro estimado forma no es igual a 0, son cercanos, y no se encontró evidencia significativa para ir en contra de dicho modelo.

En el enfoque de la GPD la distribución exponencial describió mejor ajuste para todos los departamentos, excepto Valle del Cauca, cuyos datos presentan un mejor ajuste con la distribución de Pareto. Sin embargo, mediante este método se presenta estimaciones de magnitudes sísmicas muy grandes en niveles de retorno mayores a 10 años, lo que indica que el método de bloques es mejor en su estimación y ajuste.

Mediante la distribución de Gumbel se calculan para el departamento de Chocó, altos niveles de retorno para todos los periodos de retorno planteados. Sismos como

los registrados en Bahía Solano y Bajo Baudó de 6.2 y 6.7, respectivamente, tienen un periodo de retorno de 50 años. Sismos como el de Opogado, registrado en 1991, con magnitud de 7.2 tienen un periodo de retorno de 100 años, tiempo para el que se estima un sismo entre 6.4 y 8.1. Por tal razón, se considera que dicho departamento presenta mayor amenaza sísmica en la región pacífica.

Para el departamento de Nariño, se calcula por las dos metodologías planteadas en la teoría de valores extremos que en 2 años puede suceder un terremoto con magnitud igual o mayor a 4.6, como el 12 de junio del 2018 de magnitud 4.5 en la escala de Richter. Por otro lado, sismos como los registrados en 2013 en Tumaco de magnitud 6.3 y en el año 2016 en el municipio de Guaitarilla de magnitud 6.4 tienen un retorno de 50 años. También, sismos como el registrado en su costa en diciembre de 1979, cuya magnitud fue de 8.3, tienen un retorno de 100 años.

En el departamento del Valle del Cauca, y mediante la distribución de Gumbel, se estima con un nivel de confianza del 95% la ocurrencia de un sismo entre [4.42-4.9] para un periodo de 2 años, será mayor a la ocurrida el 23 de julio del 2018, de magnitud local 4.2. Asimismo, en 2 años, mediante la distribución de Pareto se estima una magnitud local igual o mayor 5.7, superando la ocurrida el 27 de enero del 2021, que fue de magnitud 5.1. Un sismo como el registrado en Calima, de magnitud 6.0, se predice en un retorno de 10 años.

Las observaciones en el departamento de Cauca presentan un menor ajuste con la distribución Gumbel, por tanto, la estimación en los niveles de retorno y los intervalos de confianza presentan una mayor incertidumbre a medida que aumenta el periodo de retorno. Sin embargo, sismos de magnitudes 6.4 como los registrados en los municipios de Páez y La Vega, se esperan en un retorno de 10 años, según el modelo de excedencias del umbral o de 50 años, basado en el modelo Gumbel.

Con el uso de esta metodología se evidenció que es posible utilizar muestras pequeñas, las cuales generan ajustes

razonables en las observaciones de la región pacífica. Se recomienda, sin embargo, utilizar las Distribuciones Generalizadas, de igual manera, hacer uso de la función de verosimilitud perfil relativa para la estimación del parámetro forma; finalmente, aplicar la modelación multivariada, teniendo en cuenta otras variables que puedan tener impacto en el fenómeno.

REFERENCIAS

- [1] J. Amaya (2012) "Gestión Del Riesgo Sísmico En Medellín". Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/6595/1/79597260.15052012.pdf>
- [2] Comité AIS-300. Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia 2009, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010.
- [3] D. Muñoz (1989) "Conceptos básicos en riesgo sísmico. In Conceptos básicos en riesgo sísmico", Física de la Tierra, Ed. Universidad Complutense de Madrid. Issue 1, pp. 199–216
- [4] C. Cárdenas, Y. Garzón, L. Santa, and L. Castillo, (2010). Modelo de Poisson para la ocurrencia y magnitud espacio temporal de los sismos en Colombia. UD y La Geomática, 4,28–43. Disponible en: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/UDGeo/article/view/3655/5257>
- [5] C. A. Cornell (1968) "Engineering seismic risk analysis". *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 58(5).
- [6] S. Coles (2001) "An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values". Springer Series in Statistics.



CRITERIOS GENERALES PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS REVISTA INGENIERÍA, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA, SECCIONAL SOGAMOSO

La Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo I2+D, es una publicación que se edita semestralmente y maneja una convocatoria permanente, financiada por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Seccional Sogamoso-Boyacá, Colombia, creada en el año 2005. Tiene como misión publicar y divulgar artículos científicos, productos de una investigación, en todos los campos de la ingeniería y tecnología: Industrial, electrónica y comunicaciones, ciencias de la tierra, sistemas y computación, ingeniería de los materiales, ingeniería electromecánica, ambiental, transporte y vías, y otras afines.

Ingeniería, Investigación y Desarrollo invita a toda la comunidad académica e investigativa de instituciones públicas y privadas, regionales, nacionales e internacionales, tales como investigadores, grupos y semilleros de investigación, docentes, estudiantes, directivos de ingeniería y demás interesados en temáticas relacionadas con las diferentes áreas de la Ingeniería, para que presenten sus contribuciones y trabajos inéditos, en español o inglés. Podrán publicarse artículos originales, de investigación y/o innovación tecnológica.

Los artículos sometidos serán evaluados previamente por el comité editorial, y por pares evaluadores externos o internos antes de su publicación, que se reservan el derecho de decidir sobre su publicación. Los pares revisores emitirán un concepto sobre el contenido del artículo desde la calidad y el rigor científico, en el formato de evaluación establecido por la revista. Las observaciones y sugerencias manifestadas por los evaluadores serán enviadas a los autores para que realicen los respectivos ajustes, con el fin de decidir si el artículo cumple con las condiciones para ser publicable o no. La Revista siempre utilizará el sistema de “par doble ciego” En este proceso se da un espacio de correspondencia entre el editor y los autores para los ajustes necesarios. Los tiempos de publicación de un artículo dependerán en gran medida de la oportuna respuesta que los autores den a cada requerimiento del editor, los trabajos enviados a “Ingeniería, Investigación y Desarrollo” no podrán ser sometidos simultáneamente a evaluación por otro medio de publicación. La aceptación de un artículo por parte del comité editorial, no implica que vaya a ser publicado, el contenido de los trabajos es responsabilidad exclusiva de sus autores. No se devolverán los originales de los trabajos.

Todos los artículos deben matricularse en la plataforma OJS, accesible desde el sitio web https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/about/submissions#submission_checklist, or, junto con la carta de presentación, firmada por los autores, para realizar el proceso de matrícula del manuscrito el autor debe compilar previamente un formulario de registro, escogiendo la opción de autor, donde le será asignado un usuario y contraseña para que pueda realizar el envío del documento. Por medio de este mismo enlace podrá ser consultada y descargada la plantilla de presentación de artículos y el modelo de la carta de cesión de derechos de autores estipulado por la revista.

Extensión del artículo: Los artículos se presentan en hojas tamaño carta con márgenes superior: 3 cm, derecho: 2 cm, izquierdo: 3 cm e inferior: 2 cm, a espacio sencillo, doble columna, letra calibri y un contenido de máximo 10 páginas.

Estructura: Secciones: título, resumen, palabras clave, introducción, materiales y métodos, resultados, discusión, conclusiones, agradecimiento (si procede) y referencias. Para las tres primeras secciones se requiere, además, su traducción al inglés (title, abstract and keywords), que se colocará inmediatamente debajo de la versión en español.

Título: se sugiere no exceder de 15 palabras.

Resumen: máximo 250 palabras, el propósito del trabajo, los métodos empleados, resultados más significativos y conclusiones más importantes. Se redactará en un solo párrafo, en tiempo presente y modo impersonal. No incluirá abreviaturas, siglas, citas bibliográficas ni referencias a tablas o figuras.

Palabras clave: en orden alfabético, 4 o 5 términos relacionados con el contenido del artículo.

Introducción: tratará el tema específico del trabajo e informará sobre el propósito, importancia, aplicación práctica de la investigación y conocimiento actual del tema.

Materiales y métodos: proveerá suficiente información para que el experimento pueda repetirse bajo las mismas condiciones. Cuando los métodos, técnicas y procedimientos empleados sean muy conocidos, bastará con mencionarlos. Si se modifica un método de otro investigador deberá aportarse la cita y explicar detalladamente la modificación; pero si el método es nuevo, se describirá en detalle. Cuando se trate de investigaciones de campo, deberán aparecer las características del área de estudio y del muestreo.

Resultados: se expondrán mediante texto, figuras, tablas, cuidando no repetir una misma información en más de una forma, en esta sección se deben presentar los resultados hallados en la investigación.

Discusión: se explicarán los datos experimentales y se compararán con los resultados obtenidos por otros investigadores. Las secciones de Resultados y Discusión podrán presentarse de forma independiente o combinada, según preferencia del autor.

Agradecimientos: será el lugar para reconocer la ayuda de personas e instituciones que aportaron significativamente al desarrollo de la investigación.

Referencias: Las referencias bibliográficas y citas, deben atender al estilo IEEE, se registrarán solamente los trabajos citados en el texto, que deberán tener un nivel adecuado de actualización, las referencias deben hacerse por orden de aparición en el artículo. Téngase en cuenta que la actualidad de las referencias es un elemento de gran peso en la evaluación de la calidad de los artículos, se debe adicionar el DOI a las referencias bibliográficas que lo tengan.

Para obtener la plantilla de presentación de artículos, por favor diríjase al correo: revistaid@uptc.edu.co o al enlace: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/about/submissions en la sección Acerca de.



**GENERAL REQUIRMENTS TO SUBMIT
PAPERS TO “REVISTA INGENIERÍA, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO”
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA, SOGAMOSO BRANCH**

The Journal of Ingeniería, Investigación y Desarrollo I2+D, is a Biannual Publication, it is supported and edited by the Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, of Sogamoso Branch. It was created in 2005; this is a place to submit and inform about all academic papers related to topics as technology and engineering. Authors can publish papers related to topics of Engineering Fields as: Industrial, Electronic and Communication, Earth sciences and Computation, at the same time, Materials, Electro-mechanic, Environmental, Transport and Roads, and related areas.

Ingeniería, Investigación y Desarrollo invites all academic and community researchers, research groups, professors, students and Chiefs from Public and Private institutions to submit unpublished works on engineering and technology, they would be in Spanish and English. They are going to involve research papers of innovation and technology who presents original results of projects and research; also it includes, review papers and reflecting ones. Once papers were assessed and approved by external peers – reviewers, they had belonged a bank of papers to be published based on received and accepted deadlines. The Editor Committee in charged reserve the rights of publishing.

Peers – reviewers emit a definite concept about the content of the paper based on quality and scientific rigour, following the Assessment Template established by this journal. Observations and suggestions leading by the jurors (peers – reviewers) will be sent to the authors, they have to adjust it with the purpose to make a decision taking into consideration the suggestions to be published or not. This Journal submits all articles received to a process of “double-blind peer” review. During this process Editor and Authors are accomplishing all requirements and necessary adjustments being made.

The turnaround times needed to publish a paper depend on the authors acknowledge that response to double-blind peer’s and Editor Committee suggestions; It is relevant to mention that works had been sent to “Ingeniería, Investigación y Desarrollo” cannot be submitted simultaneously to other Journal or mass media. Moreover, approved of the paper does not mean they are going to be published. The articles represent the authors' opinions; the latter is therefore solely responsible and liable for his/her works. This Journal will not be returned original file of papers.

Papers have to be send it by using OJS Platform of this Journal following the link: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/about/submissions#submission_checklist, or to the institutional e-mail of the journal (revistaiid@uptc.edu.co). In this place, authors can find the Template and Cover Letter to Publish that have to be signed by the authors. In the OPS Platform author/user has to register its personal information, in order to send the manuscript.

Length of article: All papers should be presented in letter sheets with the following margins: the top margin 3cm, top right 2cm, top left 3cm and the bottom 2cm, the manuscript has 12pt of Calibri font, single spacing, maximum 10 pages including Abstract, Figures and References.

Body: sections: title, abstract, key words, introduction, materials and methods, results, discussion, conclusions, acknowledgments (if it is necessary) and references. The three sections entitled: title, abstract and keywords have to be in English and Spanish too following the Template of this Journal.

Title: We suggest; it must not exceed 15 words.

Abstract: Minimum of 250 words. This section refers to be concise with its content; its clarity is pretty relevant, because it allows to identify the topic developed along the journal. This section involves the most important point of views, goals of the research, basic procedures (places, research places or zones, analytic and observation methods), the most relevant results (based on the presentation of concrete data) and the main observations and conclusions that show originality and innovation of the research. Author/s write one paragraph in an impersonal way, using present simple. It does not include abbreviation, acronyms, references or citations of tables or figures.

Key words: Authors can identify three or five simple concepts or composed nouns related to the content of the paper. If you want, you can consider the Thesaurus Platform to write on them.

Introduction: It is going to develop a specific topic and inform purpose, reliability, practice or application of the research based on current knowledge of the topic.

Materials and methods: Provide enough information that allow experiments are going to be reproducible under the same conditions. When methods, techniques and procedures implemented are well-known, just it is enough mention them. If any authors 'method is modified, it should be right cited and thoroughly explained. But if the method is new, it should be thoroughly described. About field research, it should be appeared characteristics of area and sampling study.

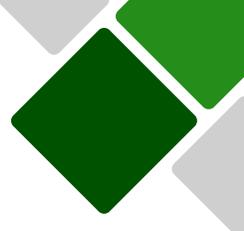
Results: Authors report achievements made by using experimentation, analysis, contrasting, diagnosis, contextual studies using arguments, figures, tables taking into account do not repeat the information at the same way, this section shows results found in the investigation.

Discussion: In this section, the author establishes sections and titles that are going to be used to defend main objective of this research which is explained along the paper. It explains experimental data and compare results obtained from others researchers. Sections of Results and Discussion can be presented in independent way or combined, based on authors' preferences.

Acknowledgments: This section allows the authors to emphasize what is the relevant support of people and institutions to develop the research.

References: According to the IEEE style, all references consulted are going to be signed with a number into the text in parenthesis/bracket [] in correlation with the bibliography data. This list is going to be full of references and presented in the end of the manuscript and organized in the order of appearance on the citations along the text. Citations need to be updated and correspond to guarantee quality in the manuscripts. It is important to add DOIs of references, if they content it.

To get Template and Cover Letter to Publish, please contact us writing an e-mail to: revistaid@uptc.edu.co or following the link: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/about/submissions to section About us.



**REVISTA INGENIERÍA, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
SECCIONAL SOGAMOSO
SUSCRIPCIÓN / SUBSCRIPTIONS**

Nombre/Name: _____ C.C. _____

Apellidos/Last Name: _____

Profesión/Profession: _____

Departamento académico/Academic department: _____

Dirección de Envío/Address: _____

Teléfono/Telephone Number: _____ ext: _____ Fax: _____

Oficina/: _____

Ciudad/City: _____

País/Country: _____

Correo Electrónico/Email: _____

Suscripción a partir del número/ Subscription from number : _____

Firma: _____

Envíe este formato totalmente diligenciado a: revistaiid@uptc.edu.co; a vuelta de correo recibirá el ejemplar solicitado de la revista I2+D. La suscripción a la Revista I2+D es totalmente gratuita.

Correspondencia, Canje y Suscripciones

**REVISTA INGENIERÍA, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO I2+D
Calle 4 Sur N° 15-134 Tels.: (57+8) 7705450, 770 6896, 770 7721
Ext. 2606**

Uptc Sogamoso-Boyacá, Colombia

E-mail: revistaiid@uptc.edu.co

www.uptc.edu.co/enlaces/ringinvedesa

DOI: <http://dx.doi.org/10.19053/issn.1900-771X>



Ingeniería, Investigación y Desarrollo

ISSN: 1900-771X Impreso

ISSN: 2422-4324 En línea