

ISSN: 2683-1597



Project Design and Management

Enero - Junio, 2021

VOL. 3 NUM. 1



<https://www.mlsjournals.com/Project-Design-Management>

EQUIPO EDITORIAL / EDITORIAL TEAM / EQUIPA EDITORIAL

Editor Jefe / Editor in chief / Editor Chefe

Luis Alonso Dzul López. Universidad Internacional Iberoamericana, México

Roberto Alvarez. Universidad de Buenos Aires, Argentina

Editores Asociados / Associate Editors / Editores associados

Alina Eugenia Pascual Barrera. Universidad Internacional Iberoamericana, México

José del Carmen Zavala Loría. Universidad Internacional Iberoamericana, México

Susana de León. Universidad Internacional Iberoamericana, México

Marco Antonio Rojo Gutiérrez. Universidad Internacional Iberoamericana, México

Otto Ortega. Universidad Autónoma de Campeche, México

Alberto Gaspar Vera. Universidad Nacional de Lanús, Argentina

Antonio López. Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile

Secretaria / Secretary / Secretário

Beatriz Berrios Aguayo. Universidad de Jaén, España

Cristina Arazola Ruano. Universidad de Jaén, España

Consejo Científico Internacional / International scientific committee / Conselho científico internacional

Miguel Angel López Flores Instituto Politécnico Nacional, México

Brenda Brabo Diaz. Instituto Politécnico Nacional, México

Lázaro Cremades. Universidad Politécnica de Cataluña, España

Fermín Ferriol Sánchez. Universidad Internacional Iberoamericana, México

Miguel Ysrrael Ramírez Sánchez, Universidad Internacional Iberoamericana, México

Armando Anaya Hernández. Universidad Internacional Iberoamericana, México

Ramón Pali Casanova. Universidad Internacional Iberoamericana, México

Jorge Crespo. Universidad Europea del Atlántico, España

María Luisa Sámano, Centro de Investigación y Tecnología Industrial de Cantabria, España

Carmen Varela. Centro de Investigación y Tecnología Industrial de Cantabria, España

Alejandro Ruiz Marín, Universidad Autónoma del Carmen, México

Asteria Narváez García. Universidad Autónoma del Carmen, México

Ricardo Armando Barrera Cámara. Universidad Autónoma del Carmen, México

Claudia Gutiérrez Antonio. Universidad Autónoma de Querétaro, México.

Felipe André Angst. Universidad Católica de Mozambique, Mozambique.

Luis Borges Gouveia. Universidade Fernando Pessoa, Portugal.

Rodrigo Florencio da Silva. Instituto Politécnico Nacional, México.

Charles Ysaacc da Silva Rodrigues. Universidad de Guanajuato, México.

Patrocinadores:

Funiber - Fundación Universitaria Iberoamericana

Universidad internacional Iberoamericana. Campeche (México)

Universidad Europea del Atlántico. Santander (España)

Universidad Internacional Iberoamericana. Puerto Rico (EE. UU)

Universidade Internacional do Cuanza. Cuito (Angola)

Colaboran:

Centro de Investigación en Tecnología Industrial de Cantabria (CITICAN)

Grupo de Investigación IDEO (HUM 660) - Universidad de Jaén

Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica de

SUMARIO • SUMMARY • RESUMO

- Editorial 6
- Modelo de valuación de sostenibilidad para una empresa exportadora 4.0.....7
Sustainability valuation model for an exporting company 4.0.
Napoleon Brito Alegre Poma, José Antonio Trigueros Pina. International. Universidad Internacional Iberoamericano (México) / Universidad Miguel Hernández (España)
- G Suite como solución en herramientas de trabajo colaborativas, académicas y profesionales..... 29
G Suite as a solution in collaborative, academic and professional work tools
Diego Felipe Borges de Amorim Amorim. Conselho Regional de Administração do Estado do Rio Grande do Sul (Brasil)
- Desarrollo de un sistema integral de matrices del entorno de Marketing para la toma de decisiones y el aporte del crecimiento de la Pequeña y Mediana Empresa (PYMES) en la región de Tegucigalpa, Honduras..... 41
Development of a comprehensive system of matrices of the marketing environment for decision making and the contribution of the growth of small and medium enterprises (PYMES) in the region of Tegucigalpa, Honduras
Mario Fernando Flores Huete. Universidad Nacional Autónoma de Honduras (Honduras)
- Efecto del compost de *Eichhornia crassipes* en la calidad de plantas en vivero de *Theobroma cacao* 73
Effect of eichhornia crassipes compost on the quality of *Theobroma cacao* nursery plants
Samuel Alfredo Orellana Tobar, Armando Anaya Hernández. Universidad Internacional Iberoamericana (México)
- Liderazgo y éxito organizacional con el modelo ISO 9001..... 89
Leadership and organizational success with the ISO 9001 model
Marcelo Rodrigo Vasquez Lema, Juan Pablo Vázquez Loayza. Universidad Internacional Iberoamericana(Bolivia) / Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador (Ecuador)
- Planteamiento de un modelo energético descriptivo aplicable a la instalación de sistemas solares fotovoltaicos interconectados a la red mediante generación distribuida: caso de estudio en Nuevo Laredo113
Proposal of a descriptive energy model applicable to the installation of solar photovoltaic systems interconnected to the grid through distributed generation: case study in Nuevo Laredo
Martin Cruz Arellano, Margarita Castillo Tellez. Universidad Internacional Iberoamericana (México) / Universidad Autónoma de Campeche (México)

DERECHOS DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS

Project, Design and Management, Año 1, No. 1, Enero-Junio 2019, es una Publicación semestral editada por la Universidad Internacional Iberoamericana A.C., Calle 15 No. 36 entre 10 y 12, Col. Imi II, C.P. 24560, Campeche, Campeche, Tel. (981) 81-102-46, <https://www.mlsjournals.com/Project-Design-Management>, journalmanager.pdm@mlsjournals.com, Editor responsable: Dr. Luis Alonso Dzúl López, Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2018-073112062200-102, ISSN: 2683-1597, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Gestora de la Revista, Beatriz Berrios Aguayo, Calle 15 No. 36 entre 10 y 12, Col. Imi II, C.P. 24560, Campeche, Campeche, fecha de última modificación, 14 de marzo de 2019.

Editorial

En Project Design & Management estamos complacidos en presentar este nuevo número, destacando de nuevo, el esfuerzo en conjunto de nuestro grupo de colaboradores y enfatizando, nuevamente, la innovación como una herramienta primordial en el desarrollo científico-tecnológico y su importancia a través del trabajo creativo, colaborativo e integral, en el diseño y gestión de proyectos. En esta nueva edición, se incluyen diferentes temáticas presentadas en 6 artículos que han sido seleccionados para abordar desde el modelado de valuación en empresas 4.0, el análisis de herramientas informáticas colaborativas, pasando por el modelado matricial de estrategias de marketing en empresas, el estudio de composta en la calidad de cultivos en viveros, hasta el análisis del liderazgo y éxito en organizaciones acorde al modelo ISO 9001, finalmente el modelado energético de sistemas fotovoltaicos en zonas urbanas.

En el primer artículo se presenta un modelo basado en lógica difusa que integra la incertidumbre de las variables tecnología digital y estrategia 4.0 y las relaciona con la variable sostenibilidad, para generar un modelo de valuación de sostenibilidad. El modelo se aplica a empresas exportadoras para toma de decisiones en habilidades y competencias digitales de puestos de trabajo.

En el segundo artículo se aborda, a través de un estudio exploratorio, el análisis de funcionalidades de la plataforma de software G Suite considerando entornos colaborativos de trabajo académico y profesional.

En el tercer artículo, se presenta un sistema integral de matrices estratégicas del entorno de marketing para toma de decisiones, el mismo se validó con una muestra de empresas MIPYME de Honduras con ello se determinó como analizan sus entornos competitivos, el sistema propuesto aporta en la optimización de la toma de decisiones de indicadores gerenciales.

Continuando con el artículo cuatro, se presenta un estudio sobre el efecto de la composta E. crassipes en la calidad de plantas en vivero de T. cacao, identificando los porcentajes adecuados de composta con niveles de elementos contaminantes como plomo, arsénico y mercurio. Los resultados muestran que la traslocación de plomo a las plantas de T. cacao fue inexistente y se recomienda usar porcentajes de composta E. crassipes no mayores a 20%.

En el quinto artículo, se presenta un estudio sobre la relación del impacto del liderazgo en el éxito organizacional considerando el modelo de certificación ISO 9001. La investigación se realizó en empresas industriales de productos algodoneros y textiles en Bolivia. Los resultados estadísticos indican una relación positiva fuerte y moderada entre las variables del estudio, y es en los niveles de dirección medios donde se aplica con mayor frecuencia la gestión de calidad del liderazgo.

Finalmente, en el último artículo de este número, se propone un modelo energético descriptivo para la viabilidad de instalaciones de sistemas fotovoltaicos. El modelo propuesto se aplica en la ciudad de Nuevo Laredo en México. El modelo integra mediciones in situ e información de bases de datos, normas, fabricantes de equipo y parámetros de referencia, de esta forma determinar la viabilidad de cada diseño de instalación.

De igual manera, esta editorial agradece todo el trabajo desarrollado por el equipo de colaboradores, informático y técnico; así como a la Fundación Universitaria Iberoamericana (FUNIBER) y a las Universidades que han brindado todo el apoyo material, para que este número pueda llevarse a cabo, con la convicción de que estamos en el camino correcto hacia el reconocimiento internacional.

Dr. Luis A. Dzul López
Dr. Roberto M. Álvarez
Editores Jefe

Cómo citar este artículo:

Alegro Poma, N. B. & Trigueros Pina, J.A. (2021). Modelo de valuación de sostenibilidad para una empresa exportadora 4.0. *Project, Design and Management*, 3(1), 7-28. doi: 10.29314/pdm.v3i1.529

**MODELO DE VALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD PARA
UNA EMPRESA EXPORTADORA 4.0.**

Napoleon Brito Alegre Poma

Universidad Internacional Iberoamericano (México)

alegreybravo@gmail.com

José Antonio Trigueros Pina

Universidad Miguel Hernández (España)

ja.triguerospina@gmail.com

Resumen. La Industria 4.0 llegó con la tecnología digital y la promesa de un incremento de la productividad sobre la base de dato. El escenario es útil al *stakeholder* de la empresa exportadora sostenible, porque le permite crear valor a los bienes que exporta. Pero se requiere un modelo que acepte la incertidumbre para relacionar las variables de entrada: tecnología digital y estrategia 4.0 con la variable de salida: sostenibilidad. Un problema que se resuelve bajo un enfoque de la lógica difusa y el sistema de inferencia difusa el cual genera el conjunto de datos para entrenar, controlar y validar la red adaptativa del sistema de inferencia difusa (ANFIS). Lo que permite construir el algoritmo del modelo de valuación de sostenibilidad (MVS) y así se completa el objetivo general. Luego, el modelo se utiliza en cinco empresas exportadoras con el propósito de supervisar, controlar y calibrar el resultado de la variable de salida, el cual puede ser un valor, entre cero y uno, donde cero significa una baja sostenibilidad y uno refleja una alta sostenibilidad. Dato y conocimiento que le permite al *stakeholder* tomar decisiones estratégicas sobre las habilidades y competencias digitales avanzadas en el puesto de trabajo, lo cual es toda una innovación en el contexto de la Industria 4.0 que permite una contribución de conocimiento a la literatura económica y gestión de empresa. El MVS continuara su proceso de entrenamiento con nuevos ecosistemas exportadores, entrevistas presenciales y adaptar su contenido a otro idioma.

Palabras claves. sostenibilidad, tecnología digital, Industria 4.0 y lógica difusa.

SUSTAINABILITY VALUATION MODEL FOR AN EXPORTING COMPANY 4.0.

Abstract. Industry 4.0 came by digital technology and the promise of increased productivity based on data. The scenario is useful to the stakeholder of the sustainable exporting company because it allows it to create value for the goods it exports. But a model that accepts uncertainty is required to relate the input variables: digital technology and strategy 4.0 with the output variable: sustainability. A problem that is solved under a fuzzy logic approach and the fuzzy inference system which generates the data set to train, control, and validate the adaptive network of the fuzzy inference system (ANFIS). Which, creates the algorithm of the sustainability valuation model (SVM). Thus the general objective is completed, and then the model is used in five exporting companies to supervise, control, and calibrating the result of the output variable, which can be a value between zero and one, where zero means loss sustainability and one reflect high sustainability. Data and knowledge that allows the stakeholder to make strategic decisions about advanced digital skills and competencies in the workplace, which is an innovation in the context of Industry 4.0 that allows a contribution of knowledge to the economic literature and management of the business. The SVM will continue its training process with new exporting ecosystems, face-to-face interviews, and adapt its content to another language.

Keywords. Sustainability, digital technology, Industry 4.0 y fuzzy logic.

Introducción

Justificación

Cuando llegó la cuarta revolución industrial o la Industria 4.0 vino acompañada del conocimiento complejo de la tecnología digital (TD) muy utilizada por las empresas exportadoras para agregar valor a sus bienes de exportación, mientras el conocimiento corriente de la TD es predominante en la empresa exportadora tradicional. Es decir, en el universo de la empresa exportadora de bienes existe una brecha de la TD que la investigación aprovecha para proponer un modelo de valuación de sostenibilidad, el cual tiene dos variables de entrada: (i) uso eficiente de la tecnología digital y (ii) uso de la estrategia que propone la Industria 4.0.

Con las dos variables de entrada, cuya naturaleza es lingüística, se construye la arquitectura del sistema de inferencia difusa (FIS) y la red adaptativa del sistema de inferencia difusa (Adaptive Neural-Fuzzy Inference System o ANFIS). Un sistema bajo la lógica difusa que entrega una variable de salida denominada “sostenibilidad” del negocio. La propuesta se define como el modelo de valuación de la sostenibilidad (MVS), necesaria en estos tiempos de incertidumbre para el *stakeholder* y muy útil en un ecosistema exportador para tomar decisiones de políticas públicas bajo el contexto de la Industria 4.0.

Objetivo general

Bajo el enfoque de la lógica difusa se plantea como objetivo general proponer un modelo de valuación de la sostenibilidad (MVS) para uso en una empresa exportadora 4.0. La arquitectura, que es original e innovadora, será explicada en el apartado de la metodología de la investigación. Bajo el uso de la lógica difusa, el FIS y el ANFIS disponen de un amplio uso en la economía aplicada (Trigueros, 2019), sistemas de ingeniería (Acheson, Dagli y Kilicay-Ergin, 2013), en la manufactura de alta tecnología (Yadegaridehkordi, 2018), en la agricultura y ecología (Gay y Vermonden, 2013). Es decir, un uso intenso en aquellas ramas del saber en que el hombre se

relaciona con sus semejantes, dado que refleja de manera más fidedigna el comportamiento del cerebro humano (Gil Aluja y Kaufmann, 1987).

Industria 4.0

En abril del año 2011 el gobierno alemán define el proyecto de la “Industria 4.0: con el Internet de las cosas en camino a la Cuarta Revolución Industrial”. Desde esa fecha la Industria 4.0 se ha convertido en la corriente principal de la economía industrial (Blanco, Fontrodona y Poveda, 2017) y es la base de la próxima ola del aumento de productividad con base en datos (University 4 Industry, 2013). El otro aporte es la estrategia de la Pirámide 4.0 el cual tiene doble causalidad: (i) causalidad vertical que ocurre de la base de pirámide a la cúspide, y (ii) causalidad horizontal que inicia con la captura de los datos, el proceso de los datos y el uso de los datos. Ver figura 1.

El tercer aspecto de la Industria 4.0 es la curva S de tecnología digital (S_{TD}) y la curva S de adaptabilidad humana (S_{AH}) (Bocci, 2019), ver figura 2. La curva S_{TD} representa los conocimientos de la tecnología digital y la curva S_{AH} representa el uso de la de tecnología digital adoptado por las personas que trabajan en la empresa. La distancia entre ambas curvas S representa la brecha tecnológica digital. La distancia vertical entre la curva S_{TD} y la curva S_{AH} representa el poco aprovechamiento de la tecnología digital de la Industria 4.0.

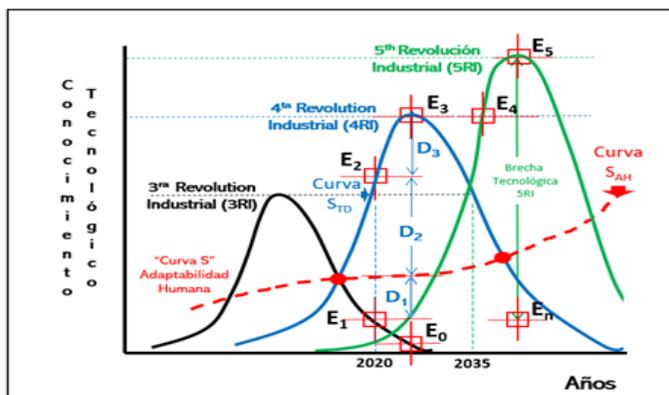


Figura 1. Pirámide 4.0. (causa-efecto)

Nota: Fuente: University 4 Industry, 2013

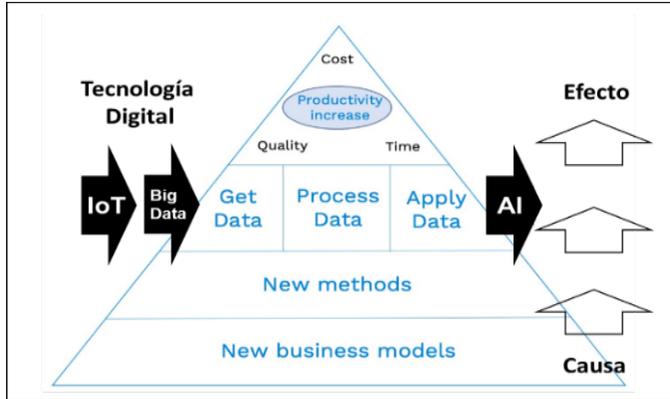


Figura 2. Curva S_{TD} (color verde) o Curva S-4RI.

Nota: Fuente: Elaboración propia, 2020.

Así mismo, la curva S_{TD} se intercepta con la curva S_{AH} que genera un subconjunto de empresas bajo la curva S_{AH} y un subconjunto de empresas encima de la curva S_{AH} . Las empresas que se ubican en el escenario E_1 , bajo la curva S_{AH} , se ven obligadas a ubicarse encima de la curva S_{AH} . De no hacerlo, tienen el peligro de que sus productos de exportación se hagan obsoletos ante la quinta revolución industrial (5RI). Una desventaja ante el arribo de la tecnología de la computadora cuántica que aparecerá el año 2030 (Stewart, 2019).

Exportación 4.0

El esplendor de la exportación de bienes inició en 1971 cuando terminó el acuerdo de la Conferencia de Bretton Woods, fecha que dio inicio al acuerdo del GATT-OMC, la Ronda de Doha y se declara el acuerdo sobre tecnología de información (ATI). Este escenario le permitió a la Industria 4.0 el impulso de la economía de las exportaciones 4.0 con base en el uso intenso de la tecnología digital, cuya consecuencia es el impulso de una producción industrial digital y artesanal digital, lo cual emula a la primera revolución industrial (1RI).

Antes de la 1RI la producción de un bien era una producción artesanal y el éxito de la exportación dependía del conocimiento para llevar el artefacto del punto A al punto B. Al llegar la revolución industrial se introduce la producción industrial cuyo éxito depende del uso del conocimiento científico y tecnológico de la época. Es decir, durante la producción industrial un artefacto que se exporta lleva un efecto escondido: el conocimiento científico y tecnológico que tiene la sociedad de la época.

El índice de complejidad económica (OEC, 2020) muestra a cada país con el conocimiento asociado a los bienes exportables. Según el índice, los países desarrollados son líderes en la exportación de bienes con conocimientos complejos de tecnología digital, mientras los países en desarrollo se esfuerzan para que sus productos no tengan una mayor brecha de tecnología digital. Con base en lo anterior, los países en desarrollo tienen que impulsar la Industria 4.0 para mejorar la sostenibilidad de las empresas exportadoras.

Sostenibilidad

La empresa exportadora 4.0 tiene la responsabilidad de adoptar un desarrollo sostenible que satisfice las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (ISO, 2010). Implica un cambio en cuanto a la idea de

sostenibilidad, principalmente ecológica, a un marco que da énfasis al contexto económico y social del desarrollo (Barcellos, 2010). Es decir, la sostenibilidad y desarrollo sostenible puede considerarse como una vía para expresar la más amplia expectativa de la sociedad en su conjunto (ISO, 2010), lo que representa una motivación, para que la empresa exportadora 4.0 adopte el equilibrio entre lo económico, social y ambiental. Conviene tomar mayor conciencia de sus responsabilidades para con toda la sociedad con la convicción de que ello redundará en su propio beneficio (Olcese, 2005).

Sobre la base de que la empresa tradicional posee un enfoque *shareholder* orientado a los accionistas, clientes y colaboradores, cuyo interés es potenciar los activos tangibles y sus expectativas a corto plazo (Barcellos, 2010), el único objetivo es maximizar beneficios y responder ante los accionistas. Mientras que la empresa sostenible posee un enfoque *stakeholder* cuyo objetivo es potenciar los activos tangibles e intangibles y sus expectativas son de largo plazo. Es decir, la empresa está sometida a una estrategia y códigos de conducta internos que respetan los derechos sociales y ambientales. (Barcellos, 2010), conducta que la empresa sostenible debe mostrar en forma tangible en sus bienes exportables.

Por esa razón, el concepto de sostenibilidad representa un nuevo enfoque para hacer negocios (Barcellos, 2010) y la creación de valor sostenible requiere que las empresas aborden uno o varios de los cuatro motores: (i) tecnologías limpias, (ii) prevención de contaminación, (iii) visión sostenible y (iv) productos transparentes (Hart y Milstein, 2003) Según los autores, el motor de las tecnologías limpias está asociado a las tecnologías disruptivas, la innovación y el futuro. El cual es un motor que utiliza la investigación para relacionarlo con la sostenibilidad de las empresas exportadoras de bienes mediante el uso de la estrategia de la Industria 4.0.

Existe una asociación positiva y, ciertamente, muy poca evidencia de una asociación negativa entre el desempeño social de una empresa y su desempeño financiero (Margolis y Walsh, 2003). Así mismo, existe evidencia empírica de una relación positiva entre rendimiento social y rendimiento financiero (Barcellos, 2010). El cual se verifica con el desempeño social y financiero de las empresas que conforman el índice mundial Dow Jones Sustainability. Índice que está compuesto por líderes mundiales en sostenibilidad según lo identificado por Sustainable Asset Management (SAM).

Aun así, la empresa sostenible sigue buscando los datos formales antes de tomar la decisión de adoptar la estrategia de la Industria 4.0, pero la realidad obliga a emplear de la mejor manera posible la información disponible, rica o pobre (Gil Aluja y Kaufmann, 1987). No se puede esperar cubrir las expectativas de los *stakeholder* bajo los datos duros y la estadística tradicional. La incertidumbre y la dinámica de la Industria 4.0 obliga a utilizar la posibilidad en remplazo de la probabilidad, la subjetividad a falta de la tan deseada objetividad. Es decir, a falta de medida, examinaremos la “valuación”, nuestro razonamiento y los ordenadores (Gil Aluja y Kaufmann, 1987) bajo la lógica difusa.

La lógica difusa

El año 1965, Lotfy Zadeh aplicó la lógica multivaluada a la teoría de conjuntos a nivel científico, académico e industrial, lo que permitió el uso de la lógica difusa o borrosa. Muy útil cuando se trata de generar nuevos modelos de gestión y toma de decisiones a partir de la opinión y subjetividad de los expertos. Así mismo, permite la valuación de los conocimientos complejos de las tecnologías digitales sin necesidad de someterse a la tecnocracia de los datos certeros y duros, ya que el sistema basado en lógica borrosa emula la parte más software del cerebro, tratando

de reproducir las capacidades de más alto nivel, especialmente la del razonamiento aproximado (Del Brío y Sanz, 2010). Motivo por el cual la investigación aprovecha para hacer uso de dos reconocidos sistemas: (i) FIS, y (ii) ANFIS.

La primera arquitectura es el sistema de inferencia difusa (FIS) con el siguiente proceso: (i) la interfase de borrrificación que transforma el dato certero en dato difuso mediante el uso de las variables lingüísticas y las etiquetas lingüísticas, (ii) definición de las reglas borrosas con las afirmaciones Si-Entonces o If-Then por sus siglas en inglés, (iii) el motor de inferencia que entrega un valor de salida borroso. La mayoría de los sistemas de inferencia difusa se pueden clasificar en tres tipos: Tipo1, Tipo 2 y Tipo 3 (Jang, 1993). Para el estudio se decide el uso de la regla Tipo 3 que utiliza las reglas difusas de Takagi y Sugeno (si-entonces / If-then). El resultado de cada regla es una combinación lineal de variables de entrada más un término constante, y el resultado final es el promedio ponderado del resultado de cada regla (Jang, 1993) y (iv) la desborrrificación es convertir a cada salida de un término difuso a un número (ver figura 3).

La otra arquitectura es el sistema de inferencia difusa bajo la red adaptativa (Adaptive Neural Fuzzy Inference System o ANFIS) presentado por Jang (1993). Utiliza la rutina de un sistema de inferencia difusa (FIS) y la regla básica de aprendizaje de las redes adaptativas que se basa en el descenso del gradiente y la regla de la cadena (Jang, 1993). Un algoritmo inspirado en la teoría de redes neuronales para ajustar los parámetros de las reglas de los sistemas de inferencia difusa de tipo Sugeno (Bermudez, et al, 2014), donde, la variable de salida es función de las variables de entrada (ver figura 4).

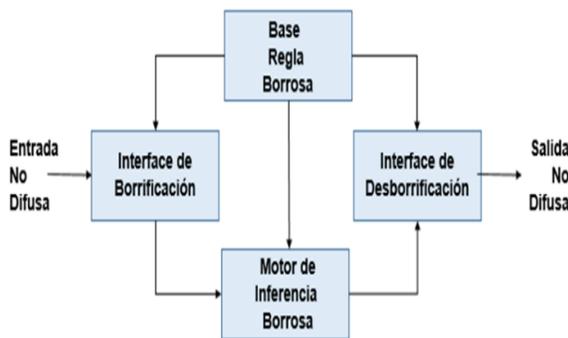


Figura 3. Sistema de inferencia difusa (FIS). 2020

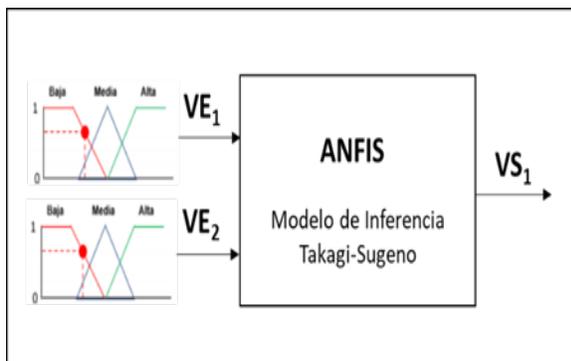


Figura 4. Arquitectura ANFIS. 2020

Donde:

$$VS_1 = f(VE_1, VE_2).$$

VE_1 = variable de entrada = eficiencia = uso eficiente de la tecnología digital [0 1]

VE_2 = variable de entrada = estrategia 4.0 = uso de la estrategia de la Industria 4.0 [0 1]

VS_1 = variable de salida = sostenibilidad = valor numérico [0, 1].

Si bien, el ANFIS es una técnica de soft computing (Bermudez, et al, 2014) y uno de los modelos neuro borrosos de mayor repercusión (Del Brio y Sanz, 2001) permite la construcción de sistemas expertos y modelos avanzados mediante el uso de variables de entrada numérica y variable de salida numérica. En la industria es uno de los modelos neuro borroso de mayor repercusión (Del Brio y Sanz, 2010) en la inteligencia artificial junto al FIS, la teoría de los subconjuntos borrosos, los números borrosos triangulares (NBT) y la Distancia de Hamming permiten construir el objetivo general de la investigación.

Método

Diseño de la investigación

El escenario de la investigación es cambiante e incierto y la intención analítica es predictiva bajo un enfoque de la lógica difusa, ya que una metodología borrosa es describir y formalizar la realidad empleando modelos flexibles que interpreten las leyes que rigen el comportamiento humano y las relaciones entre los hombres (Lazzari, Machado y Pérez, 2000). Así mismo, se utiliza el paradigma post positivista para lograr mayor comprensión de la realidad en la Industria 4.0. Una realidad que existe, pero no puede ser estudiada desde las leyes exactas y que solo puede ser entendida de forma incompleta (Ramos, 2015). Aun cuando la realidad de la empresa exportadora incluye el uso inadecuado de recursos, poco conocimiento científico y tecnológico en el diseño de los bienes, líderes autocomplacientes y duchos en la procrastinación de la Industria 4.0. una veta epistemológica que permite una metodológica bajo la lógica difusa.

Metodología de la investigación

El uso apropiado de un modelo bajo la arquitectura de la lógica difusa debe incluir cuatro facetas: (i) FLI = Faceta Lógica, (ii) FLs = Faceta de la teoría de subconjuntos difusos, (iii) FLe = Faceta epistémica, y (iv) Flr = Faceta relacional (Zadeh, 2008, p.2754). Las cuatro facetas se encuentran en las tres actividades que incluye la metodología: (i) construcción del FIS, (ii) construcción del ANFIS, y (iii) aplicación del MVS (ver figura 5).

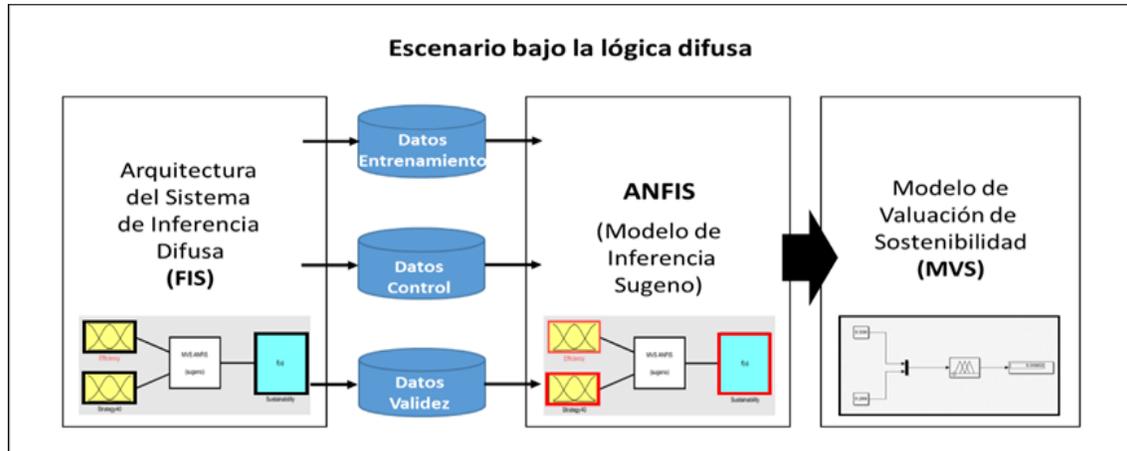


Figura 5. Esquema de la metodología. Primero el FIS, luego ANFIS y finalmente el MVS.

Nota: Fuente: Elaboración propia. 2020.

Se explican las actividades de la metodología:

- i. La construcción del sistema de inferencia difusa (FIS) mediante el cual se obtiene la base de datos que requiere el ANFIS. Una vez construido el FIS se utilizan 200 números aleatorios [0 1] para la variable de entrada VE_1 y otra cantidad igual para la variable de entrada VE_2 . Con el cual se obtiene 200 datos de variable de salida VS_1 .
- ii. La construcción del ANFIS. Con los datos generado por el FIS se ejecuta el entrenamiento, control y validez de la arquitectura del ANFIS, y se obtiene el algoritmo del modelo de valoración de sostenibilidad (MVS). Una arquitectura basada en modelo difuso de Sugeno con un conjunto de nueve reglas difusas si-entonces, para dos entradas (VE_1 y VE_2) y una variable de salida (VS_1 o sostenibilidad), (ver figura 6). Las reglas difusas están representadas por:

$$R_k = \text{si } \mu_{A_i}(x) \text{ y } \mu_{B_i}(y) \text{ entonces } f = p_k x + q_k y + r_k$$

Donde, k es el número de reglas (9), A_i (A_1 , A_2 y A_3) y B_i (B_1 , B_2 y B_3) representa el número de función de membresías difusas de las variables de entrada y p_k , q_k , r_k son los parámetros lineales de las partes consecuentes de las nueve reglas.

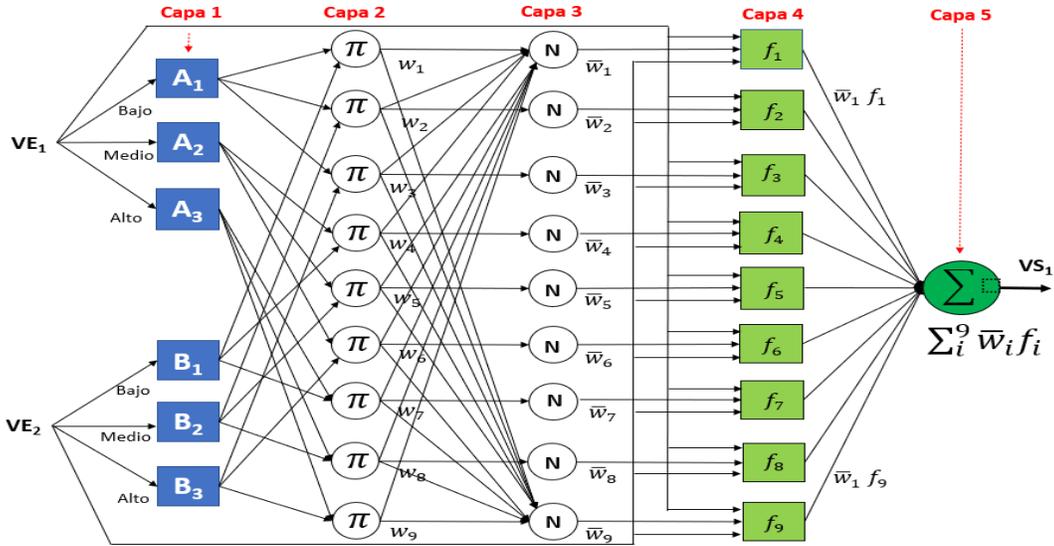


Figura 6. Capas del ANFIS – Modelo Sugeno. El cual se desarrolla en cinco capas

Nota: Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la primera capa se ejecuta la tarea de fuzzificación, donde cada nodo es un nodo adaptativo dependiente de la función de membresía (ver figura 6). En la investigación se utiliza la función de pertenencia trapezoidal y la salida se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$O_i^1 = \mu_{A_i}(x)$, $O_i^1 = \mu_{B_i}(x)$, donde: $(i = 1, 2, 3)$. Cuya función trapezoidal es:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1} & \text{si } a_1 \leq x < a_2 \\ 1 & \text{si } a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{-x+a_4}{a_4-a_3} & \text{si } a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0 & \text{si } x \geq a_4 \end{cases}$$

En la segunda capa cada nodo tiene una etiqueta de nodo fijo π y la salida es el producto de todas las señales entrantes (ver figura 6). Por lo tanto, la salida de la segunda capa se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$O_i^2 = w_i = \mu_{A_i}(x) \times \mu_{B_i}(x)$, donde: $(i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)$.

La tercera capa se considera la capa de normalización (N) (ver figura 6). Por lo tanto, la salida de esta capa se calcula mediante la siguiente ecuación:

$O_i^3 = \bar{w}_i = \frac{w_i}{\sum_1^9 w_i}$, donde: w_i es la fuerza de disparo normalizada.

La cuarta capa se considera la capa de defuzzificación, donde cada nodo de esta capa es un nodo adaptativo. Es decir, nodo representa partes consecuentes de la regla difusa. Los coeficientes lineales de los consecuentes de reglas se pueden entrenar (ver figura 6). La salida de esta capa se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$O_i^4 = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i x + r_i), \text{ donde: } (i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9).$$

La quinta capa se considerada la capa de salida. Aquí se realiza la defuzzificación de las partes consecuentes de las reglas, sumando los resultados de todas las nueve reglas (ver figura 6), el cual se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$O_i^5 = \sum_i^9 \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i^9 w_i f_i}{\sum_i^9 w_i}, \text{ donde: } (i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)$$

- iii. Aplicación del MVS. Se selecciona la empresa exportadora, se aplica la escala de habilidades y competencias digitales avanzadas (HCDA), se calcula la Distancia de Hamming y de los números borrosos triangulares se obtienen los valores de VE_1 y VE_2 . Valores que se introducen al Simulink y entrega la VS_1 (Sostenibilidad).

Desarrollo de las actividades

El apartado explica el desarrollo de las tres actividades de la metodología:

Actividad 1. Construcción del sistema de inferencia difusa (FIS). El objetivo de la actividad es construir el FIS (Sugeno), para obtener los datos que requiere el ANFIS. Se utiliza el entorno de desarrollo de Matlab versión R2020a. y su herramienta Fuzzy Logic Toolbox, donde, se ejecutan las siguientes tareas:

- i. Se ingresa a Matlab, al módulo Fuzzy Logic y se adopta el FIS Takagi-Sugeno.
- ii. Se define: (a) la variable lingüística VE_1 = eficiencia, con tres etiquetas lingüísticas (bajo, medio y alto), (b) variable lingüística VE_2 = estrategia 4.0, con tres etiquetas lingüísticas (bajo, medio y alto), y (iii) variable lingüística VS_1 = sostenibilidad, con tres etiquetas lingüísticas. Las tres variables usan la misma función de pertenencia: (i) bajo = función tipo trapezoidal, (ii) medio = función tipo triangular, y (iii) alto: función tipo trapezoidal.
- iii. Se definen las nueve reglas borrosas bajo la estructura: Sí – Entonces (if – Then)
- iv. Al final se obtiene el sistema de inferencia difusa (FIS) que permite generar los datos que se requiere en el ANFIS.

Actividad 2. Construcción del ANFIS. La actividad tiene como objetivo construir el ANFIS y su correspondiente algoritmo para uso en el MVS. Las tareas por ejecutar son:

- i. Se ingresa a Matlab y se escribe <anfisedit> y se despliega la ventana Neuro Fuzzy Designer el cual se guarda con: <File>, <Export>, <Data> y se asigna el nombre de MVS. Luego se vuelve a cargar el archivo usando: <File>, <Import>, <Data> y se elige el MVS. Se muestra la ventana del Neuro Fuzzy Designer MVS, listo para cargar los archivos de datos.
- ii. Se carga el archivo con los datos del conjunto de entrenamiento (Training Set). Los datos son usados por el algoritmo de aprendizaje, para ajustar los parámetros de la red. El

- objetivo es llevar el error de predicción sobre este conjunto de entrenamiento a un mínimo (Diaz, Etse, Flores, Folino y Will, 2007).
- iii. Se carga el archivo con los datos del conjunto de control (Control Set). Los datos no participan del entrenamiento y solo evita el fenómeno del sobre entrenamiento (Diaz, et al, 2007).
 - iv. Se cargan los datos para el conjunto de validez. (Checking Set). Los datos no participan del entrenamiento. Su uso es proveer una medida de la calidad de la predicción de la red en datos nuevos, no disponibles al momento del entrenamiento.
 - v. El ANFIS entrega: (i) el modelo de estructura ANFIS de seis capas, (ii) la VE_1 , VE_2 y VS_1 con los valores de sus etiquetas lingüísticas (bajo, medio, alto), (ii) las nueve reglas borrosas, (iii) el error del entrenamiento, y (iv) algoritmo del ANFIS MVS que se exporta al archivo y al Matlab, para uso en el Simulink.

Actividad 3. Aplicación del MVS. El objetivo es utilizar el algoritmo generado por el ANFIS MVS en el simulador Simulink, de Matlab versión R2020a. Simulink es un entorno gráfico para ser usado en la simulación de sistemas dinámicos no lineales. Resulta muy útil para las simulaciones de un sistema complejo pues permiten explorar con relativa sencillez distintas soluciones (Del Brío y Sanz, 2001). Se ejecutan las siguientes tareas.

- i. Entrevista presencial o virtual para llenar los datos de la escala de habilidades y competencias digitales avanzadas (HCDA), la cual toma en cuenta los nueve pilares tecnológicos de la Industria 4.0: realidad virtual, inteligencia artificial, internet industrial, big data industrial, robot industrial, impresión 3D, computación en la nube, automatización del trabajo del conocimiento y seguridad de la red industrial (Chen, Liu, Quiang y Liu, 2016). Los otros tres pilares los incluye el investigador: uso de GIS, proyectos ágiles y Redes Sociales (ver tabla 1). La entrevista es con cada responsable del puesto de trabajo que se clasifica en dos grupos: (i) puestos asignados al uso eficiente de la tecnología digital bajo la denominación “eficiencia”, y (ii) puestos de trabajo asignados al uso de la estrategia de la Industria 4.0 bajo la denominación “estrategia 4.0” (ver tabla 1). El grupo de eficiencia corresponde a los puestos de trabajo de la cadena de valor y el grupo de estrategia 4.0 corresponde a los puestos de trabajo que dan el soporte a la cadena de valor.
- ii. Los datos de la escala HCDA se procesan mediante la Distancia de Hamming y se define el valor certero de $[0 \ 1]$ para cada puesto de trabajo. La valuación significa el uso de la tecnología digital y la estrategia de la Industria 4.0.
- iii. Los valores de cada puesto de trabajo se ordenan: (i) los puestos de trabajo asignados a la eficiencia (PT1, PT2, PT3, PT4, PT5), con el cual se elabora el número borroso triangular (NBT_1) y se obtiene la media del $NBT_1 = VE_1$, y (ii) los puestos de trabajo asignados a la estrategia 4.0 (PT6, PT7, PT8, PT9, PT10), con el cual se elabora el número borroso triangular (NBT_2) y se obtiene la media del $NBT_2 = VE_2$.
- iv. Los valores VE_1 y VE_2 se introduce al Simulink y entrega un valor certero $[0 \ 1]$ que es la $VS_1 =$ sostenibilidad (S). Así se repite el número de veces que sea necesario.

Resultados

Construcción del FIS

El objetivo es construir el FIS obtener el conjunto de datos que requiere el ANFIS.

- i. Se ingresa a Matlab, se escribe <fuzzy>, se despliega la ventana Fuzzy Logic Designer, se elige <File>, luego se elige, <New FIS>, <Sugeno>. Luego, se elige <File>, <Export>, <To File>, se escribe el nombre del archivo FIS MVS y se elige <Guardar>. Con lo cual se ha guardado el archivo con la arquitectura FIS (*fis). Se importa el archivo FIS MVS para ejecutar la construcción del FIS.
- ii. En cuya ventana se definen las variables FIS <Input>: (a) VE_1 = eficiencia con tres etiquetas (bajo, medio y alto), y (b) VE_2 = estrategia 4.0 con tres etiquetas (bajo, medio y alto). Ambas variables de entrada (VE_1 y VE_2) usan la misma función de pertenencia y etiquetas lingüísticas en el rango [0 1].
 Bajo = función de tipo trapezoidal = $[a_1 \ a_2 \ a_3 \ a_4] = [0 \ 0 \ 0.1 \ 0.4]$
 Medio = función tipo trapezoidal = $[a_1 \ a_2 \ a_3 \ a_4] = [0.3 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.7]$
 Alto = función tipo trapezoidal = $[a_1 \ a_2 \ a_3 \ a_4] = [0.6 \ 0.9 \ 1 \ 1]$
- iii. Se define la variable FIS <Output> $f(u)$ = Sostenibilidad = VS_1 . Los parámetros son valores de [0 1], para las tres etiquetas lingüísticas: (i) Bajo = 0, (ii) Medio = 0.5, y (iii) Alto = 1. Se concluye la arquitectura FIS (ver figura 7).

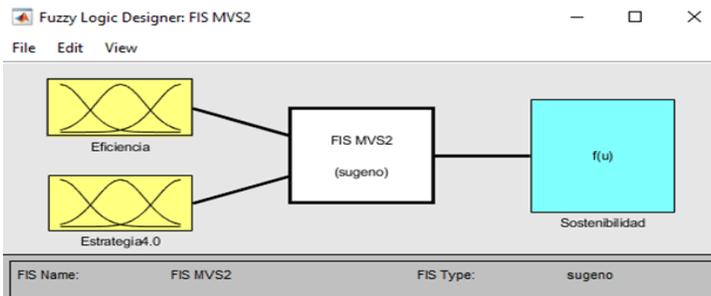


Figura 7. Arquitectura del FIS MVS. 2020

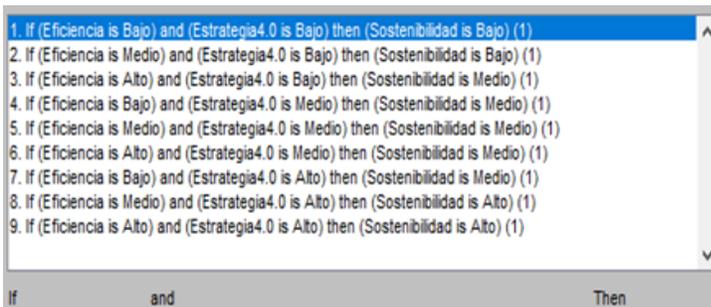


Figura 8. Reglas del FIS MVS. 2020

- iv. Luego se procede a definir las reglas borrosas bajo la estructura < if – and – Then >. En la venta Fuzzy Logic Disigner FIS MVS se elige <Edit> <Rules> y se obtiene la ventana Rules Editor FIS MVS, donde, utilizando la regla < if – and – Then > se incorporan las nueve reglas (ver figura 8).

- v. Para obtener la construcción del (FIS) se elige: <View> <Rules> y se despliega la ventana Rules Viewer FIS MVS (ver figura 9). Así mismo, se elige <View> <Surface> y se obtiene Surface Viewer FIS MVS (ver figura 10).

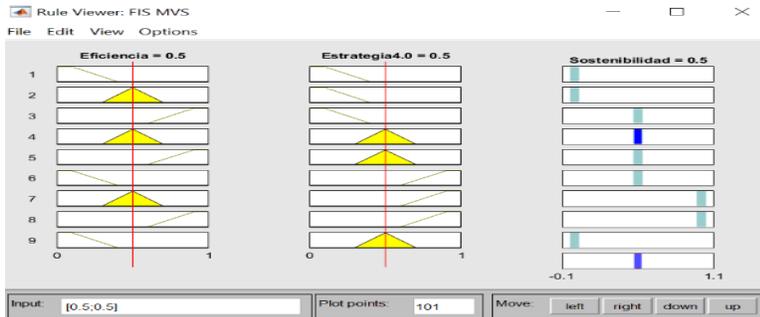


Figura 9. Regla del FIS MVS. 2020

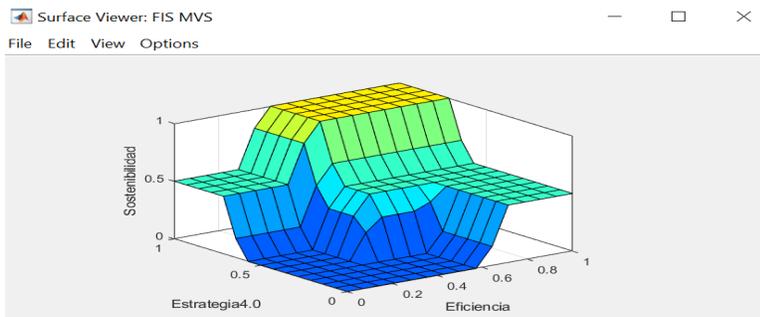


Figura 10. Superficie del FIS MVS. 2020

- vi. Se procede a utilizar el Rule Viever FIS MVS (figura 8), para obtener los 200 datos de VS_1 . En < Input > el valor que se muestra $[0.5 \ 0.5] = [VE_1 \ VE_2]$ se modifica con los datos aleatorios y se archiva en una hoja Excel. El archivo Excel con tres columnas se registra: (i) el valor de VE_1 con 200 valores, (ii) el valor de VE_2 con 200 valores, y (iii) la columna VS_1 con 200 valores (ver Anexo I).
- vii. El archivo de datos se clasifica: (i) 60% de los datos, para el conjunto de entrenamiento, (ii) 30% de los datos, para el conjunto de control, y (iii) 10% de los datos, para el conjunto de validez. Datos que se usan en la construcción del ANFIS.

Construcción del ANFIS

El objetivo de la construcción del ANFIS es lograr el algoritmo del MVS, para lo cual se utiliza el módulo de Fuzzy Logic Toolbox de Matlab, versión R2020a.

- i. Se ingresa a Matlab y se escribe <anfisedit> y se despliega la ventana Neuro Fuzzy Designer el cual se le archiva con el nombre de ANFIS MVS. Luego se vuelve a cargar el archivo usando: <File>, <Import>, <Data> y se elige el ANFIS MVS.
- ii. Se marca: <Training>, <File>, <Load Data> y se elige el archivo <Entremvs>. Los datos se cargan y se elige <Generate FIS> y en la ventana Add Membership Function se verifica: INPUT, Number of MFs [3 3] y MF Type se selecciona <trapmf> de la función tipo trapezoidal. En OUTPUT se elige: <Constant>, <OK>. Luego, en la columna Train FIS

- debajo de <Epochs> se escribe: <10>, <15> y <20>. Termina el entrenamiento con 20 épocas, un error de: 0,055 y 110 datos de entrada. Ver figura 11. Por último, se elige: <Clear Plot>.
- iii. Se marca: <Testing>, <File>, <Load Data> y se elige el archivo <Controlmvs>. Los datos se cargan y se elige <Generate FIS> y en la ventana Add Membership Function se verifica: INPUT, Number of MFs [3 3] y MF Type se selecciona <trapmf> de la función tipo trapezoidal. En OUTPUT se elige: <Constant>, <OK>. Luego, en la columna Train FIS debajo de < Epochs > se escribe: <10>, <15> y <20>. Termina el control con 20 épocas, un error de: 0,055 y 60 datos de entrada (ver la figura 12). Por último, se elige <Clear Plot>.
 - iv. Se marca: <Checking>, <File>, <Load Data> y se elige el archivo <Validezmvs>. Los datos se cargan y se elige <Generate FIS> y en la ventana Add Membership Function se verifica: IMPUT, Number of MFs [3 3] y MF Type se selecciona <trapmf> de la función tipo trapezoidal. En OUTPUT se elige: <Constant>, <OK>. Luego, en la columna, Train FIS y debajo de < Epochs > se escribe: <10>,<15> y <20>. Termina la validez con 20 épocas, un error de: 0,055 y 30 datos de entrada (ver figura 13) . Por último, se elige <Clear Plot>.
 - v. Como resultado, se obtiene el sistema ANFIS (ver figura 14) cuya arquitectura de capas es similar a la figura 6. También se obtiene la lista de las nueve reglas difusas (ver figura 15) y la nueva regla difusa del ANFIS (ver figura 16), la cual incluye el algoritmo del MVS.
 - vi. La arquitectura del ANFIS entrega un mapa Surface Viever ANFIS MVS (ver figura 17). El cual es diferente a la Surface Viever del FIS MVS (ver figura 10) sobre todo en la eliminación de los bordes agudos propio del ANFIS:
 - vii. Finalmente, el ANFIS MVS se exporta al archivo, para su uso en Simulink. El algoritmo del ANFIS MVS será utilizado en la aplicación del MVS con el objeto de simular los escenarios de las cinco empresas exportadoras intervenidas.

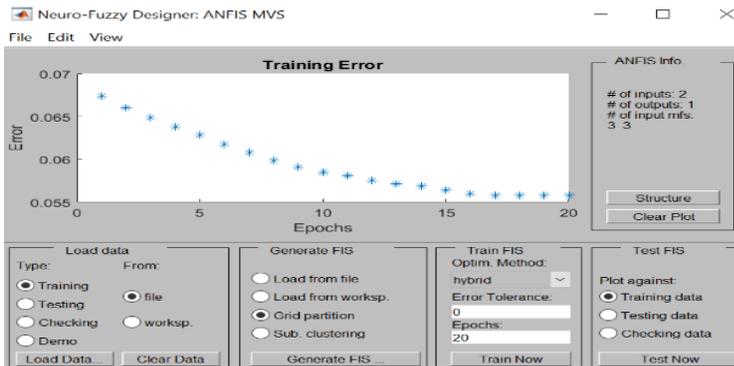


Figura 11. ANFIS MVS-Error de entrenamiento. 2020

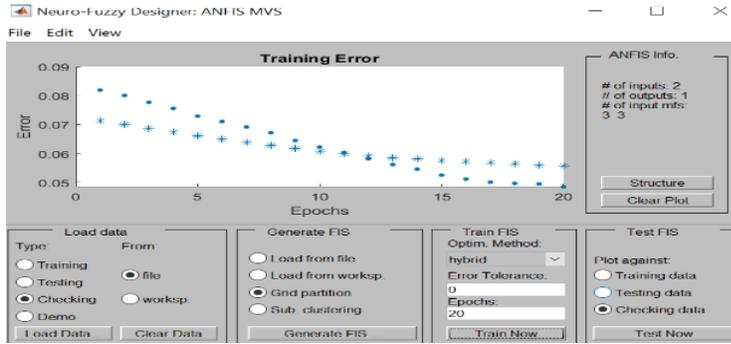


Figura 12. ANFIS MVS-Error de control. 2020

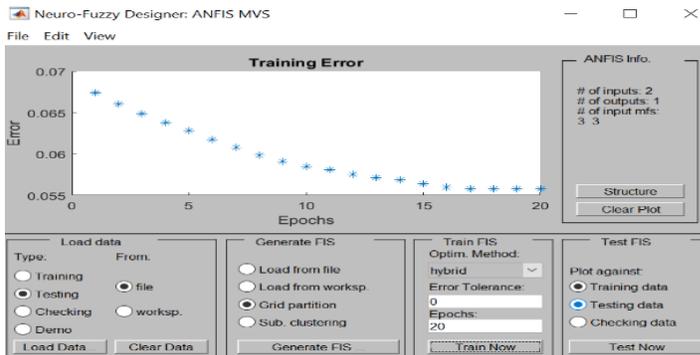


Figura 13. ANFIS MVS-Error de validez. 2020

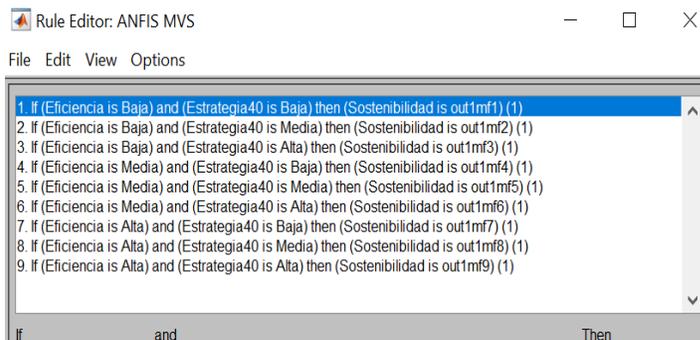


Figura 14. Reglas difusas del ANFIS-MVS. 2020

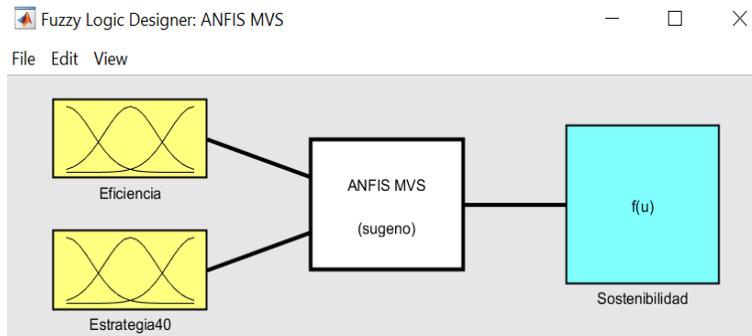


Figura 15. Arquitectura del ANFIS-MVS. 2020

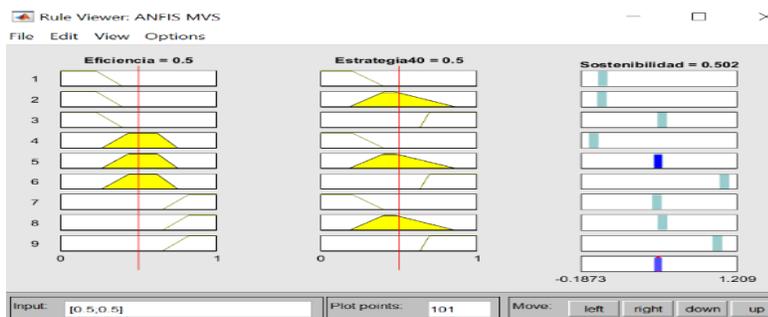


Figura 16. Reglas del ANFIS MVS. 2020

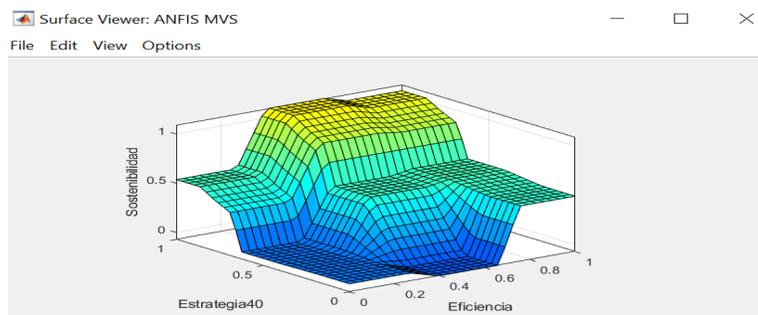


Figura 17. Superficie ANFIS MVS. 2020

Aplicación del MVS

El objetivo es usar el algoritmo del ANFIS MVS en el simulador Simulink de Matlab versión R2020a, para la cual se ejecuta las siguientes tareas.

- i. Se ejecuta la entrevista virtual a cinco empresas exportadoras. Se llena un formato de escala de habilidades y competencias avanzadas (HCDA) por cada empresa exportadora. La valuación se realiza con el responsable de cada puesto de trabajo (PT) y se utiliza valores de [0 1] de acuerdo a la escala endecaria. El investigador ha definido los valores del “Perfil Ideal” (ver tabla 1).

Tabla 1
Formato de la escala de habilidades y competencias digitales avanzadas (HCDA)

| Vectores I4.0 | Habilidades y Competencias Digitales Avanzada (HCDA) | VE ₁ | | | | | VE ₂ | | | | | Perfil Ideal |
|---------------|--|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----------------|-----|-----|-----|------|--------------|
| | | Eficiencia | | | | | Estrategia 4.0 | | | | | |
| | | PT1 | PT2 | PT3 | PT4 | PT5 | PT6 | PT7 | PT8 | PT9 | PT10 | |
| HD | Computación en la Nube | 0.8 | 0.5 | 0.7 | 0.6 | 0.3 | 0.4 | 0.8 | 0.6 | 0.3 | 0.4 | 0.9 |
| | Realidad Virtual | 0.7 | 0.6 | 0.3 | 0.4 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.7 | 0.5 | 0.8 |
| | Robot Industrial | 0.1 | 0.5 | 0.8 | 0.5 | 0.7 | 0.6 | 0.3 | 0.4 | 0.1 | 0.6 | 0.9 |
| | Uso de GIS | 0.4 | 0.7 | 0.6 | 0.3 | 0.4 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.3 | 0.8 |
| GD | Internet Industrial (IIoT) | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.7 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.5 | 0.3 | 0.7 | 1.0 |
| | Big Data Industrial | 0.6 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.3 | 0.4 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0.1 | 1.0 |
| | Inteligencia Artificial | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0.3 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.4 | 1.0 |
| | Impresión 3D | 0.2 | 0.7 | 0.5 | 0.1 | 0.6 | 0.4 | 0.5 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 1.0 |
| SD | Proyectos ágiles | 0.7 | 0.6 | 0.3 | 0.4 | 0.8 | 0.6 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 1.0 |
| | Trabajo colaborativo virtual | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.7 | 0.6 | 0.3 | 0.3 | 0.8 | 0.8 | 1.0 |
| | Seguridad de Red Industrial | 0.6 | 0.7 | 0.6 | 0.3 | 0.4 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.5 | 1.0 |
| | Gestión de Redes Sociales | 0.6 | 0.5 | 0.8 | 0.7 | 0.8 | 0.4 | 0.5 | 0.8 | 0.5 | 0.4 | 1.0 |

Nota: PT1 = I+D+i, PT2 = Proveeduría, PT3 = Manufactura, PT4 = Logística, PT5 = Marketing, PT6 = Diseño, PT7 = Servicios, PT8 = TICs, PT9 = RR HH, y PT10 = Gerencia. Los valores del Perfil Ideal son recomendaciones del investigador en base de su experiencia.

En el puesto PT1 = I+D+i se toma en cuenta si existe gerencia de proyectos ágiles, muy útil en la Industria 4.0.

- ii. De la escala HDCA se utiliza los datos de cada puesto de trabajo (PT1, PT2, ... PT10). Se procesa los datos de cada puesto de trabajo mediante la Distancia de Hamming y se obtiene un valor del PT. Por ejemplo: para el puesto de gerencia (PT10) se tiene:
 $DH_{Gerencia} = 1/12 ((0,9-0,4) + (0,8-0,5) + (0,9-0,6) + (0,8-0,3) + (1-0,7) + (1-0,1) + (1-0,4) + (1-0,3) + (1-0,6) + (1-0,8) + (1-0,5) + (1-0,4))$
 $DH_{Gerencia} = 1/12 (0,5+0,3+0,3+0,5+0,3+0,9+0,6+0,7+0,4+0,2+0,5+0,6) = 0,48$
- iii. Los valores por cada puesto de trabajo se ordenan: (i) con los PT asignados a la eficiencia (PT1, PT2, PT3, PT4, PT5) se construye el número borroso triangular y se obtiene la media: $NBT_1 = VE_1$, y (ii) con los PT asignados a la estrategia 4.0 (PT6, PT7, PT8, PT9, PT10) se construye el número borroso triangular y se obtiene la media: $NBT_2 = VE_2$. El proceso se repite para las otras cuatro empresas exportadoras.
- iv. Los valores de VE_1 y VE_2 , de cada empresa exportadora, se introduce al Simulink y se obtiene como resultado la VS_1 . En el escenario del año 2020 (ver figura 18).
- v. Otro aporte del MVS es la simulación de VE_1 y VE_2 en el Simulink, para un escenario de futuro. A la Empresa 1 se modifica el valor de VE_1 (2020) = 0,35 por VE_1 (2025) = 0,55 y el valor de VE_2 (2020) = 0,42 por VE_2 (2025) = 0,45. Donde VS_1 (2020) = 0,325 pasa VS_1 (2025) = 0,502 = Sostenibilidad. El incremento ocurre por la mejora en cada puesto de trabajo en la variable eficiencia y la estrategia 4.0. (ver figura 19). Se continúa la simulación con la Empresa 2, 3, 4 y 5 (ver la tabla 2).

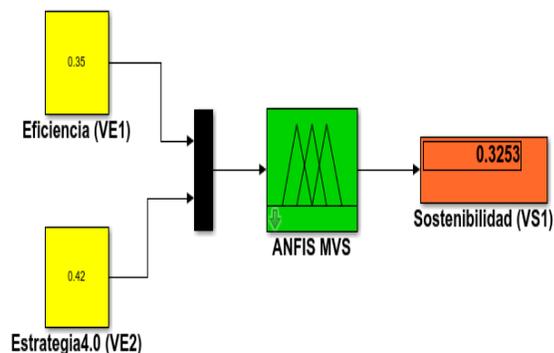


Figura 18. Simulink MVS: escenario año 2020

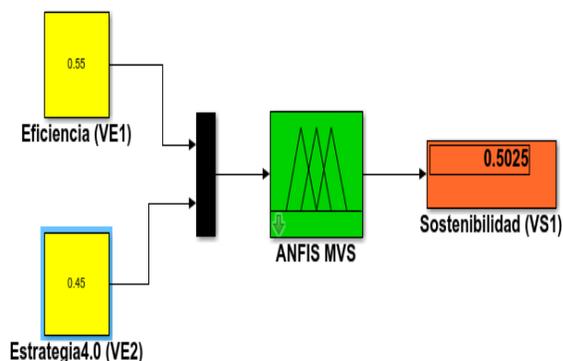


Figura 19. Simulink MVS: escenario año 2025

Tabla 2

Resultado del MVS por empresa exportadora. Escenario año 2020 y 2025.

| Empresa Exportadora I4.0 | Escenario Año 2020 | | | | | Escenario Año 2025 | | | | | Sector Económico de Exportación |
|--------------------------|--------------------|------|-------|-------|-------|--------------------|------|-------|-------|------|---------------------------------|
| | VE1 | VE2 | VS1 | | | VE1 | VE2 | VS1 | | | |
| | | | Bajo | Medio | Alto | | | Bajo | Medio | Alto | |
| Empresa 1 | 0,35 | 0,42 | 0,325 | | | 0,55 | 0,45 | 0,502 | | | Agricultura |
| Empresa 2 | 0,18 | 0,55 | 0,002 | | | 0,38 | 0,65 | 0,619 | | | Agro-Industria |
| Empresa 3 | 0,39 | 0,42 | | 0,487 | | 0,48 | 0,66 | | 0,762 | | Medico |
| Empresa 4 | 0,41 | 0,67 | | | 0,824 | 0,58 | 0,75 | | 0,965 | | Electronico |
| Empresa 5 | 0,32 | 0,39 | 0,192 | | | 0,41 | 0,45 | 0,502 | | | Manufactura |

Nota: La entrevista virtual se ejecutó entre mayo, junio y julio del 2020. En el escenario año 2020 se aprecia a tres empresas con una sostenibilidad baja (color rojo). En el escenario año 2025 las tres empresas pasaron a una sostenibilidad media (color gris). La decisión fue reducir la Distancia de Hamming de peor desempeño. Es decir, el responsable del puesto de trabajo deberá incrementar sus HCDA el cual es un reto diferente para cada empresa. Pero la gerencia de las cinco empresas les urge mejorar sus HCDA.

Discusión y conclusión

El aumento de productividad con base en datos (University 4 Industry, 2013) y el sistema físico cibernético para lograr la fábrica inteligente (Cheng, et al , 2016) son promesas de la Industria 4.0 que están pendientes de ser validadas. De igual forma la MVS no es la panacea para solucionar integralmente la sostenibilidad de una empresa exportadora, solo es un modelo que ayuda a entender el estado actual de la empresa respecto de la realidad de la Industria 4.0. Un modelo que no puede interpretar toda la realidad compleja y cambiante, pero sí permite al *stakeholder* alinear el pensamiento estratégico digital, la dirección estratégica digital y la estrategia digital en forma eficiente. Incluso, el MVS se podría utilizar en sistemas de ingeniería en base de modelos (MBSE por sus siglas en inglés) para la armonización de información (Marny y Purohit, 2019) y el inicio de un nuevo modelo del negocio necesario en la Industria 4.0.

El modelo entrega conocimiento apropiado para que el *stakeholder* impulse una estrategia de sostenibilidad bajo la Industria 4.0. Más aun, cuando las compañías tienen que operar con un ojo puesto en el corto plazo y otro enfocado en el largo (Kotler y Caslione, 2010) en tiempo de incertidumbre o turbulencia. Con base en lo anterior se definen dos grupos de empresas exportadoras: (i) las que no tienen el mínimo interés en la Industria 4.0, y (ii) las que tienen la tecnología digital adaptada y probada en sus procesos. Pero la tecnología está subutilizada o, dicho de otra forma, hace falta el conocimiento complejo para obtener el máximo provecho en aras de mejorar la sostenibilidad de la compañía.

El MVS es útil para el segundo grupo de empresas exportadoras, pues les permite funcionar en tres niveles de planeación: corto plazo, plazo intermedio (tres a cinco años) y largo plazo (Kotler y Caslione, 2010) con el cual se puede ejecutar simultáneamente los proyectos e iniciativas en tres cajas: (i) corto plazo o presente: administrar el negocio principal con máxima rentabilidad, (ii) mediano plazo o pasado: abandonar la ideas que inhiben la innovación, (iii) largo plazo o futuro: convierta ideas innovadoras en nuevos productos y negocios (Govindarajan, 2016). Bajo esas dos premisas el MVS permite a las empresas exportadoras prolongar su sostenibilidad de largo plazo, mientras optimiza el desempeño y el valor de la compañía en el corto y mediano plazo (Kotler, Caslione, 2010), ya que el modelo entrega valores certeros de [0 1] el cual está asociado a una baja, media y alta sostenibilidad del negocio.

El modelo utiliza las bondades de la arquitectura del FIS y el ANFIS. Ambos hacen uso del mismo nombre de las variables lingüísticas de entrada, variable de salida, las etiquetas lingüísticas, rango de universo [0 1], tipo de función trapezoidal y reglas difusas. Pero sus superficies de tridimensionales son diferentes, sobre todo, la superficie del ANFIS tiene las transiciones más suaves. Aun cuando el entrenamiento fue con 110 datos y 20 épocas el error fue de 0,055. Es necesario mencionar que no se utilizó las Redes Neuronales, que incluye el Fuzzy Logic Toolbox, en virtud que requiere de un conjunto de entrenamiento de mayor tamaño (Díaz, et al, 2007).

Lo cierto es que el MVS necesita mayor uso para beneficio de su red adaptativa. Lo que obliga a un proceso de entrenamiento con nuevos ecosistemas exportadores, entrevistas presenciales y adaptar su protocolo a otro idioma, ya que un punto de vista crítico podría exigir que se entrene con un mayor número de datos y mayor número de épocas. Todo lo cual permitirá al algoritmo del ANFIS MVS poder desarrollar un mejor escenario predictivo, la caja del futuro, para una empresa exportadora de bienes; un escenario de futuro que le permita al *stakeholder* desarrollar innovación de sus productos, nuevos modelos de negocio, nuevos métodos de trabajo y una mayor productividad.

El otro aspecto a mejorar es la captura de datos en la escala de HCDA. Se requiere que la entrevista sea presencial, para poder lograr una mayor observación de la realidad de la empresa

exportadora. También, se podrían mejorar los valores del “Perfil Ideal” haciendo que todos sean de valor 1. Pero sobre todo el aspecto más delicado es sintetizar las habilidades y competencias digitales avanzadas en pocos ítems, cuando la realidad es que en el mercado hay decenas de tecnologías disruptivas. Sin embargo, se hizo una síntesis con base en los aspectos operativos de la TD y se ha evitado usar marcas, pero será necesario revisar y ajustar las HCDA cada periodo de cinco años.

Finalmente, se utilizó el MVS en un número reducido de empresas con el objetivo de supervisar, controlar y calibrar el modelo. Se comprobó que Simulink es ágil en la entrega del valor de sostenibilidad que se ajusta a la realidad de la empresa intervenida. Así mismo, el simulador permite entregar un valor predictivo de la variable de salida a partir de datos de las variables de entrada, lo que permite mejorar en forma eficiente y efectiva los valores en cada puesto de trabajo mediante un mejor uso de las TD y la estrategia 4.0., una ayuda al *stakeholder* que le permite diseñar una estrategia específica para incrementar los valores de las variables, mejor si se hace uso del *Fuzzy-Delphi* y R^+ -Expertones.

En conclusión, el objetivo general se cumplió. Porque con la entrega del MVS hemos validado un modelo que permite medir la sostenibilidad de una empresa. Incluso mediante el simulador se obtuvo resultados que se ajustan a la realidad. Es decir, el modelo sin necesidad de ser preciso es útil para el *stakeholder* que tiene pendiente tomar decisiones respecto a la Industria 4.0. Se espera se utilice en aras de cuidar la sostenibilidad de la empresa exportadora tan necesaria y útil en la sociedad, ya que la brecha tecnológica que impulsa la quinta revolución industrial (5RI) es una amenaza orientada a dejar obsoletos los productos o bienes de la 3RI y la 4RI. Una futura investigación puede considerar aprovechar los resultados del MVS y generar conglomerados difusos (*fuzzy clustering*) en los sectores exportadores de un país.

Referencias

- Acheson, P., Dagli, C., & Kilicay-Ergin, N. (2013). Model Based Systems Engineering for System of Systems Using Agent - Based Model. *Conference on Systems Engineering Research (CSER 13)* Instituto de Tecnología de Georgia. <https://bit.ly/30wm6AK>
- Barcellos, L. (2010). *Modelos de Gestión Aplicados A la Sostenibilidad Empresarial*. (Tesis Doctoral). Universidad de Barcelona. <https://bit.ly/39gi7uO>
- Bermúdez, A., Lugo, J. A., & Piñeros, P. (2015). An adaptive-network-based fuzzy inference system for project. *Semantic Scholar*. <https://orcid.org/10.1114/Javerian.IYU19-2.SDIBID>
- Blanco, R., Fontrodona, J., & Poveda, C. (2017). La Industria 4.0: El estado de cuestión. *Economía industrial*, 151-164: Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6343649>
- Bocci, F. (2019). Transformación Digital y Deuda Tecnológica. *Being Better Matters*. <https://bit.ly/2CRs066>
- Cheng, G.-j., Liu, L.-t., Liu, Y., & Quiang, X.-j. (2016). Industry 4.0 Development and Application of Intelligent Manufacturing. In *International Conference on Information System and Artificial Intelligence* (pp. 407 - 410). Xi'an Shiyou University .
- Del Brio, B. M. & Sanz, A. (2001). *Redes Neuronales y Sistemas Difusos*. Alfaomega Ra-Ma.
- Diaz, W., Etse, G., Flores, F., Folino, P., & Will, A. (2007). Uso de redes neuronales y ANFIS para predecir la resistencia uniaxial a compresión de hormigon de alta resistencia. *Mecánica Computacional*, XXVI(16) <https://cimec.org.ar/ojs/index.php/mc/article/view/1149>

- Gay, C. & Vermonden, A. (2013). Using Adaptive Neuro Fuzzy Inference System to Build Models with Uncertain Data for Rainfed Maize. *Technologies and Applications* (MSCCEC-2013), 512-516. <https://orcid.org/10.5220/0004622205120516>.
- Gil Aluja, J., & Kaufmann, A. (1987). *Técnicas operativas de la gestión para el tratamiento de la incertidumbre*. Hispano Europea.
- Govindarajan, V. (2016). La solución de tres cajas: una estrategia para liderar la innovación. *Harvard Business Review*. <https://s.hbr.org/2OVEBrH>
- Hart, S., & Milstein, M. (2003). Creating Sustainable Value. *Academy of Management Executive*, 17(2). <https://bit.ly/39m21zN>
- ISO. (2010). *ISO 26000 - Guía de Responsabilidad Social*. <http://americatlatinagenera.org/newsite/images/U4ISO26000.pdf>
- Jang, J. (1993). *ANFIS : Adaptive-Ne twork-Based Fuzzy Inference System*. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 23(3). <https://bit.ly/39f613W>
- Kotler, P. & Caslione, J. (2010). *Caótica*. Grupo Editorial Norma.
- Lazzarri, L., Machado , E., & Pérez, R. (2000). *Los Conjuntos Borrosos: Una Introducción*. *Cuadernos del CIMBAGE*, 1666-5112. <https://bit.ly/3jsoKyV>
- Madni, A., & Purohit, S. (2019). Análisis económico de la ingeniería de sistemas basados en modelos. *Sistemas*, 7 (1), 12. <https://orcid.org/10.3390/systems7010012>
- Margolis, J., & Walsh, J. (2003). Misery Loves Companies: Rethinking Social Initiatives by Business. *Johnson Graduate School*, 48, 268-305. <https://bit.ly/2ONkPyq>
- OECD. (2020). Ranking de Complejidad Económica. *Observatorio de Complejidad Económica*. <https://oec.world/en/resources/about>
- Olcese, A. (2005). Teoría y práctica del buen gobierno corporativo. *Marcial Pons*. <https://bit.ly/39iFgNp>
- Ramos, C. A. (2015). *Los Paradigmas de la investigación científica*. UNIFE. <https://bit.ly/2WGwjbC>
- Stewart, D. (2019). *Quantum computers*. Deloitte Insights. <https://bit.ly/2OMu9Tm>
- Trigueros Pina, J. (2019). Una Propuesta Alternativa de Financiación Para el Sector Agrícola. (Bonos de PYME Agrícolas). *Journal of Business Administration Research*, 2(1). <https://orcid.org/10.30564/jbar.v2i1.382>.
- University 4 Industry. (2013). *Definition Industrie 4.0*. University 4 Industry. <https://bit.ly/2xktB1G>
- Yadegaridehkordi, E. (2018.). Influence of big data adoption on manufacturing companies' performance: An integrated DEMATEL-ANFIS approach. *Technological Forecasting & Social Change*, 137, 199-210. <https://orcid.org/10.1016/j.techfore.2018.07.043>.
- Zadeh, L. (2008). Is there a need for fuzzy logic? *Information Sciences*, 178, 2751–2779. <https://orcid.org/10.1016/j.ins.2008.02.012>

Fecha de recepción: 31/08/2020
Fecha de revisión: 22/03/2020
Fecha de aceptación: 24/03/2020

Anexos

Anexo 1

Datos del conjunto de: entrenamiento, control y validez

| Item | VE ₁ | VE ₂ | VS ₁ | Item | VE1 | VE2 | VS1 | Item | VE1 | VE2 | VS1 | Item | VE1 | VE2 | VS1 |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 0.35 | 0.55 | 0.30 | 51 | 0.96 | 0.13 | 0.50 | 101 | 0.38 | 0.64 | 0.58 | 151 | 0.76 | 0.15 | 0.50 |
| 2 | 0.27 | 0.45 | 0.00 | 52 | 0.89 | 0.35 | 0.50 | 102 | 0.82 | 0.16 | 0.50 | 152 | 0.18 | 0.81 | 0.50 |
| 3 | 0.15 | 0.33 | 0.00 | 53 | 0.71 | 0.65 | 0.70 | 103 | 0.22 | 0.40 | 0.00 | 153 | 0.11 | 0.91 | 0.50 |
| 4 | 0.51 | 0.37 | 0.38 | 54 | 0.75 | 0.62 | 0.57 | 104 | 0.14 | 0.46 | 0.00 | 154 | 0.31 | 0.56 | 0.07 |
| 5 | 0.75 | 0.13 | 0.50 | 55 | 0.73 | 0.67 | 0.80 | 105 | 0.85 | 0.92 | 1.00 | 155 | 0.05 | 0.33 | 0.00 |
| 6 | 0.91 | 0.17 | 0.50 | 56 | 0.70 | 0.70 | 1.00 | 106 | 0.56 | 0.65 | 0.70 | 156 | 0.25 | 0.47 | 0.00 |
| 7 | 0.63 | 0.31 | 0.16 | 57 | 0.78 | 0.67 | 0.80 | 107 | 0.54 | 0.84 | 1.00 | 157 | 0.39 | 0.73 | 0.96 |
| 8 | 0.41 | 0.48 | 0.50 | 58 | 0.92 | 0.96 | 1.00 | 108 | 0.43 | 0.73 | 1.00 | 158 | 0.26 | 0.62 | 0.07 |
| 9 | 0.43 | 0.77 | 1.00 | 59 | 0.61 | 0.36 | 0.35 | 109 | 0.58 | 0.77 | 1.00 | 159 | 0.46 | 0.32 | 0.13 |
| 10 | 0.49 | 0.90 | 1.00 | 60 | 0.35 | 0.35 | 0.68 | 110 | 0.39 | 0.61 | 0.50 | 160 | 0.16 | 0.72 | 0.60 |
| 11 | 0.18 | 0.29 | 0.00 | 61 | 0.35 | 0.81 | 0.80 | 111 | 0.99 | 0.29 | 0.50 | 161 | 0.27 | 0.53 | 0.00 |
| 12 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 62 | 0.25 | 0.77 | 0.50 | 112 | 0.79 | 0.31 | 0.50 | 162 | 0.07 | 0.13 | 0.00 |
| 13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 63 | 0.46 | 0.58 | 0.50 | 113 | 0.75 | 0.69 | 0.92 | 163 | 0.42 | 0.79 | 1.00 |
| 14 | 0.10 | 0.31 | 0.00 | 64 | 0.62 | 0.39 | 0.47 | 114 | 0.15 | 0.75 | 0.50 | 164 | 0.33 | 0.83 | 0.69 |
| 15 | 0.05 | 0.05 | 0.00 | 65 | 0.72 | 0.37 | 0.50 | 115 | 0.36 | 0.56 | 0.34 | 165 | 0.98 | 0.81 | 1.00 |
| 16 | 0.12 | 0.51 | 0.00 | 66 | 0.82 | 0.39 | 0.50 | 116 | 0.14 | 0.45 | 0.00 | 166 | 0.69 | 0.59 | 0.50 |
| 17 | 0.25 | 0.25 | 0.00 | 67 | 0.27 | 0.69 | 0.42 | 117 | 0.37 | 0.42 | 0.38 | 167 | 0.49 | 0.77 | 1.00 |
| 18 | 0.45 | 0.45 | 0.50 | 68 | 0.41 | 0.74 | 1.00 | 118 | 0.56 | 0.35 | 0.30 | 168 | 0.45 | 0.48 | 0.50 |
| 19 | 0.35 | 0.35 | 0.18 | 69 | 0.65 | 0.31 | 0.24 | 119 | 0.51 | 0.31 | 0.07 | 169 | 0.55 | 0.85 | 1.00 |
| 20 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 70 | 0.95 | 0.27 | 0.50 | 120 | 0.78 | 0.65 | 0.73 | 170 | 0.35 | 0.51 | 0.30 |
| 21 | 0.76 | 0.28 | 0.50 | 71 | 0.66 | 0.49 | 0.50 | 121 | 0.95 | 0.27 | 0.50 | 171 | 0.35 | 0.68 | 0.66 |
| 22 | 0.81 | 0.19 | 0.50 | 72 | 0.76 | 0.85 | 1.00 | 122 | 0.66 | 0.49 | 0.50 | 172 | 0.63 | 0.26 | 0.11 |
| 23 | 0.91 | 0.19 | 0.50 | 73 | 0.81 | 0.89 | 1.00 | 123 | 0.76 | 0.85 | 1.00 | 173 | 0.71 | 0.69 | 0.92 |
| 24 | 0.94 | 0.37 | 0.50 | 74 | 0.21 | 0.91 | 0.50 | 124 | 0.81 | 0.89 | 1.00 | 174 | 0.22 | 0.69 | 0.42 |
| 25 | 0.99 | 0.29 | 0.50 | 75 | 0.38 | 0.68 | 0.79 | 125 | 0.21 | 0.91 | 0.50 | 175 | 0.54 | 0.46 | 0.50 |
| 26 | 0.79 | 0.31 | 0.50 | 76 | 0.55 | 0.33 | 0.19 | 126 | 0.11 | 0.84 | 0.50 | 176 | 0.61 | 0.36 | 0.35 |
| 27 | 0.75 | 0.69 | 0.92 | 77 | 0.25 | 0.47 | 0.00 | 127 | 0.36 | 0.22 | 0.00 | 177 | 0.35 | 0.56 | 0.30 |
| 28 | 0.65 | 0.67 | 0.80 | 78 | 1.00 | 0.73 | 1.00 | 128 | 0.05 | 0.33 | 0.00 | 178 | 0.25 | 0.25 | 0.00 |
| 29 | 0.32 | 0.56 | 0.13 | 79 | 1.00 | 0.33 | 0.50 | 129 | 0.25 | 0.52 | 0.00 | 179 | 0.70 | 0.70 | 1.00 |
| 30 | 0.34 | 0.45 | 0.25 | 80 | 1.00 | 0.12 | 0.50 | 130 | 1.00 | 0.73 | 1.00 | 180 | 0.78 | 0.67 | 0.81 |
| 31 | 0.37 | 0.42 | 0.38 | 81 | 0.66 | 0.52 | 0.50 | 131 | 1.00 | 0.33 | 0.50 | 181 | 0.42 | 0.46 | 0.60 |
| 32 | 0.56 | 0.35 | 0.30 | 82 | 0.69 | 0.59 | 0.50 | 132 | 1.00 | 0.12 | 0.50 | 182 | 0.85 | 0.16 | 0.50 |
| 33 | 0.58 | 0.21 | 0.00 | 83 | 0.49 | 0.77 | 1.00 | 133 | 0.66 | 0.52 | 0.50 | 183 | 0.45 | 0.71 | 1.00 |
| 34 | 0.78 | 0.62 | 0.57 | 84 | 0.45 | 0.48 | 0.50 | 134 | 0.71 | 0.42 | 0.50 | 184 | 0.66 | 0.45 | 0.50 |
| 35 | 0.11 | 0.84 | 0.50 | 85 | 0.55 | 0.85 | 1.00 | 135 | 0.21 | 0.37 | 0.00 | 185 | 0.15 | 0.75 | 0.50 |
| 36 | 0.19 | 0.96 | 0.50 | 86 | 0.35 | 0.51 | 0.30 | 136 | 0.41 | 0.81 | 1.00 | 186 | 0.27 | 0.53 | 0.00 |
| 37 | 0.67 | 0.71 | 1.00 | 87 | 0.81 | 0.31 | 0.50 | 137 | 0.31 | 0.91 | 0.57 | 187 | 0.07 | 0.13 | 0.00 |
| 38 | 0.81 | 0.21 | 0.50 | 88 | 0.11 | 0.47 | 0.00 | 138 | 0.35 | 0.68 | 0.66 | 188 | 0.42 | 0.79 | 1.00 |
| 39 | 0.91 | 0.31 | 0.50 | 89 | 0.73 | 0.57 | 0.50 | 139 | 0.63 | 0.26 | 0.11 | 189 | 0.33 | 0.83 | 0.69 |
| 40 | 0.31 | 0.81 | 0.65 | 90 | 0.50 | 0.59 | 0.50 | 140 | 0.50 | 0.58 | 0.50 | 190 | 0.98 | 0.81 | 1.00 |
| 41 | 0.41 | 0.71 | 1.00 | 91 | 0.38 | 0.81 | 0.92 | 141 | 0.55 | 0.50 | 0.50 | 191 | 0.18 | 0.61 | 0.03 |
| 42 | 0.35 | 0.68 | 0.66 | 92 | 0.37 | 0.75 | 0.88 | 142 | 0.15 | 0.50 | 0.00 | 192 | 0.21 | 0.69 | 0.42 |
| 43 | 0.63 | 0.26 | 0.11 | 93 | 0.71 | 0.69 | 0.92 | 143 | 0.89 | 0.15 | 0.50 | 193 | 0.11 | 0.29 | 0.00 |
| 44 | 0.45 | 0.57 | 0.50 | 94 | 0.22 | 0.69 | 0.42 | 144 | 0.70 | 0.45 | 0.50 | 194 | 0.38 | 0.68 | 0.79 |
| 45 | 0.05 | 0.45 | 0.00 | 95 | 0.54 | 0.46 | 0.50 | 145 | 0.29 | 0.31 | 0.00 | 195 | 0.55 | 0.33 | 0.19 |
| 46 | 0.15 | 0.55 | 0.00 | 96 | 0.59 | 0.71 | 1.00 | 146 | 1.00 | 0.45 | 0.50 | 196 | 0.25 | 0.47 | 0.00 |
| 47 | 0.89 | 0.15 | 0.50 | 97 | 0.70 | 0.79 | 1.00 | 147 | 0.41 | 0.34 | 0.25 | 197 | 1.00 | 0.73 | 1.00 |
| 48 | 0.70 | 0.45 | 0.50 | 98 | 0.15 | 0.37 | 0.00 | 148 | 0.65 | 0.31 | 0.24 | 198 | 1.00 | 0.33 | 0.50 |
| 49 | 0.29 | 0.31 | 0.00 | 99 | 0.14 | 0.57 | 0.00 | 149 | 0.55 | 0.27 | 0.00 | 199 | 1.00 | 0.12 | 0.50 |
| 50 | 1.00 | 0.45 | 0.60 | 100 | 0.35 | 0.00 | 0.00 | 150 | 0.66 | 0.45 | 0.50 | 200 | 0.66 | 0.52 | 0.50 |

Nota: Color celeste: datos de entrenamiento; Color naranja: datos de control; Color verde: datos de validez

PROJECT, DESIGN AND MANAGEMENT

ISSN: 2683-1597



Cómo citar este artículo:

Borges de Amorim Amorin, D. F. (2021). G Suite Como solución en herramientas de trabajo colaborativas, académicas y profesionales *Project, Design and Management*, 3(1), 28-40. doi: 10.29314/pdm.v3i1.515

G SUITE COMO SOLUCIÓN EN HERRAMIENTAS DE TRABAJO COLABORATIVAS, ACADÉMICAS Y PROFESIONALES

Diego Felipe Borges de Amorim Amorim

Conselho Regional de Administração do Estado do Rio Grande do Sul (Brasil)

amorim@fgtas.rs.gov.br · <https://orcid.org/0000-0001-8259-5703>

Resumen. Las maravillas que traen las innovaciones de la computación en la nube ayudan a la productividad colaborativa y a los procesos de gestión del trabajo, revolucionan la forma en que aprendemos y trabajamos, mitigan los límites, además de ampliar los servicios y reducir los costos para las empresas y las personas a nivel mundial. En esta perspectiva, el objetivo de la presente investigación es presentar las funcionalidades de G Suite como una herramienta de productividad, almacenamiento y cooperación. Para lograr el objetivo propuesto, se llevó a cabo una investigación sobre la aplicación Google Docs, entendida como una herramienta esencial en la creación, edición, gestión y uso compartido de documentos de tipo office, aplicaciones de oficina, que forma parte de la solución G Suite. Este estudio se llevó a cabo explorando la herramienta Google Docs, así como libros, artículos, sitios web, blogs y documentos técnicos. Se concluyó lo siguiente, entre otras cosas: (1) G Suite es una herramienta poderosa y compleja para la productividad, el almacenamiento y el trabajo colaborativo, con Google Docs como su mayor exponente; (2) G Suite es la evolución de Google Apps, esta última representa herramientas gratuitas, incluidos Google Docs; y, (3) el acceso a las herramientas de tipo oficina requiere que el usuario tenga una cuenta de Gmail activa.

Palabras clave: G Suite, Google Docs, Google Apps, trabajo colaborativo.

G SUITE COMO SOLUÇÃO EM FERRAMENTAS DE TRABALHO COLABORATIVAS, ACADÊMICAS E PROFISSIONAIS

Resumo. As maravilhas trazidas pelas inovações a partir da computação em nuvem auxiliam nos processos de produtividade e gerenciamento de trabalho colaborativos, revolucionam a forma como aprendemos e trabalhamos, atenuam fronteiras, além de ampliarem os serviços e reduzirem custos para empresas e para pessoas à nível global. Nessa perspectiva, o objetivo da presente pesquisa é apresentar as funcionalidades do G Suite enquanto ferramenta de produtividade, de armazenamento e de cooperação. Para atingir o objetivo proposto, foi realizada uma investigação sobre o aplicativo Google Docs, entendido como ferramenta essencial na criação, na edição, no gerenciamento e no compartilhamento de documentos do tipo *office* – aplicativos de escritório, sendo este uma vertente da solução G Suite. Este estudo foi realizado explorando a ferramenta Google Docs, bem como livros, artigos, sites, blogs e documentos técnicos. Concluiu-se, entre outras coisas, o seguinte: (1) o G Suite é uma poderosa e uma

complexa ferramenta de produtividade, de armazenamento e de trabalho colaborativo, tendo no Google Docs seu maior expoente; (2) o G Suite é a evolução do Google Apps, este último representante das ferramentas de caráter gratuito, incluindo o Google Docs; e, (3) o acesso às ferramentas tipo *office* exige que o usuário tenha uma conta Gmail ativa.

Palavras-chaves: G Suite, Google Docs, Google Apps, Trabalho colaborativo.

G SUITE AS A SOLUTION IN COLLABORATIVE, ACADEMIC AND PROFESSIONAL WORK TOOLS

Abstract. The wonders brought by innovations from cloud computing help collaborative productivity and work management processes, revolutionize the way we learn and work, mitigate boundaries, in addition to expanding services and reducing costs for companies and people globally. In this perspective, the objective of the present research is to present the G Suite functionalities as a productivity, storage and cooperation tool. In order to achieve the proposed objective, an investigation was carried out on the Google Docs application, understood as an essential tool in the creation, edition, management and sharing of office-type documents – office applications, which is part of the G Suite solution. This study was carried out exploring the Google Docs tool, as well as books, articles, websites, blogs and technical documents. The following was concluded, among other things: G Suite is a powerful and complex tool for productivity, storage and collaborative work, with Google Docs as its greatest exponent; the G Suite is the evolution of Google Apps, the latter representing free tools, including Google Docs; and, access to office type tools requires the user to have an active Gmail account.

Keywords: G Suite, Google Docs, Google Apps, Collaborative work.

Introducción

La tecnología en la nube ha revolucionado las formas comunicativas y transaccionales entre individuos a través de las fronteras. Permite el trabajo colaborativo de diferentes maneras, incluida la formación de equipos de trabajo remotos de alto rendimiento. No se limita a esto, por supuesto, sino que abarca funcionalidades que van más allá del entorno empresarial, pasando por las academias científicas y llegando al individuo que trabaja y/o estudia de manera sola. Independientemente del entorno en el que se inserta esta tecnología, esta es responsable de satisfacer una gama diversa de demandas que se extiende desde las empresas, hasta los gobiernos y los individuos.

Una conceptualización adecuada de la tecnología en la nube es que se trata de una computación basada en Internet en la que se ofrecen recursos compartidos (como discos duros para almacenamiento) y aplicaciones a múltiples dispositivos (como un ordenador y/o una PDA, por ejemplo) bajo demanda, como una utilidad pública (Turban y Volonino, 2013). En otras palabras, es la distribución de servicios informáticos - servidores, almacenamiento, bases de datos, redes, software, analítica, inteligencia y más- a través de Internet, proporcionando una innovación más rápida, recursos flexibles y economías de escala (Microsoft, 2018).

La idea de la computación en nube es almacenar las aplicaciones y la información en los centros de datos de los proveedores en lugar de en los servidores locales de la empresa. Este concepto de nube se refiere a las fuentes de datos almacenadas fuera de la red interna de los clientes (Turban y Volonino, 2013). El concepto de nube informática es un tipo de RIA - Rica Aplicación de Internet, o su

original en inglés Rich Internet Application -, que no es más que un software que tiene la funcionalidad y complejidad de un software de aplicación tradicional, pero que se ejecuta en un navegador web y no requiere instalación local (Stair y Reynolds, 2011). Google Apps - rediseñado como G Suite y objeto de esta investigación -, por ejemplo, proporciona aplicaciones empresariales comunes en línea, a las que se accede a través de la web, mientras que el software y los datos se almacenan en servidores (Turban y Volonino, 2013).

La forma en que ha surgido esta tecnología converge con las nuevas necesidades y realidades laborales y educativas que transforman los medios y métodos de aprendizaje y las relaciones laborales de los individuos como sociedad. Unido al avance tangencial de la información, los medios y las herramientas tecnológicas que apoyan la toma de decisiones en entornos cada vez más complejos y dinámicos, estas tecnologías son capaces de transformar la forma de comunicar, aprender y trabajar de tal manera que la distancia se convierte en un elemento meramente despreciable. El pasaje a la computación en nube, especialmente el alojamiento distribuido proporcionado por el proveedor, está aumentando con la introducción de nuevas aplicaciones (Turban y Volonino, 2013). Esto significa que estos avances rompen los paradigmas tradicionales y abren espacio para que lo nuevo surja y se revele a partir de las innovaciones emergentes, generando nuevos paradigmas.

Para esta investigación, se centrará en el tipo de servicio conocido como SaaS - *software como servicio* -, que es un método de distribución de aplicaciones de software a través de Internet bajo demanda y generalmente basado en la suscripción (Microsoft, 2018; Turban y Volonino, 2013). En otras palabras, SaaS es un tipo de solución apodada software como servicio, en la que los proveedores de la nube alojan y gestionan la aplicación de software, su infraestructura subyacente y realizan el mantenimiento, como las actualizaciones de software y los *patches* de seguridad (Microsoft 2018; Turban y Volonino, 2013). El acceso a este servicio es remoto, y el usuario sólo tiene que conectarse a través del navegador (Google Chrome, Mozilla Firefox, Safari o Microsoft Edge, por ejemplo) desde cualquier dispositivo (ordenador, *tableta* o *smartphone*, por ejemplo) conectado a internet. En el caso de G Suite, objeto de esta investigación, el objetivo será el servicio gratuito proporcionado por la empresa Google®, aunque el enfoque de esta herramienta se dirige, más explícitamente, a la rama corporativa.

Por tanto, surge como objeto de indagación de esta investigación: ¿qué es la G Suite, cómo y en qué puede contribuir al trabajo colaborativo, ya sea en el ámbito académico o profesional? Señalando que el enfoque principal residirá en la versión gratuita de esta herramienta, aunque se detallará la opción de pago de esta solución tecnológica empresarial. De manera que se presentará la funcionalidad de esta solución integrada de recursos tecnológicos, destacando Google Docs como parte de esta solución y emblema del trabajo colaborativo, tanto académico como profesional.

Metodología

Esta investigación se caracteriza por ser de naturaleza aplicada, una vez que su objetivo es generar conocimiento para la aplicación práctica dirigida a la solución de problemas específicos, involucrando verdades e intereses locales (Prodanov y Freitas,

2013). Desde el punto de vista de los objetivos, este estudio se caracteriza por ser exploratorio porque pretende dar mayor conocimiento al problema para explicitarlo o construir hipótesis (Gil, 1988 *apud* Bertucci, 2012). En cuanto a la técnica utilizada en esta investigación, se define como estudio de caso porque es una investigación empírica que constata un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto real, especialmente cuando los límites entre el fenómeno y el contexto no están claramente definidos (Yin, 2001 *apud* Prodanov y Freitas, 2013). Así, el objetivo de esta investigación es describir el uso de la herramienta G Suite como solución en el trabajo colaborativo, académico y profesional.

Para lograr este objetivo, la revisión bibliográfica como objeto estructurante de la fundamentación del tema propuesto se centró en la investigación documental, consistente en la búsqueda de información diversa, tanto técnica como cualitativa, según la lectura de libros, artículos, sitios web especializados, blogs y documentos específicos, con el fin de analizar e interpretar el paradigma existente (Bertucci, 2012). Para desarrollar el tema en alineación con el objetivo ya calificado como exploratorio, la presente investigación se perfiló en sincronía a través del uso de la herramienta tecnológica G Suite, a fin de probarlo. Es decir, este trabajo fue escrito en su totalidad a través de la aplicación Google Docs. Este último, siendo una de las herramientas esenciales que incorpora la plataforma de soluciones tecnológicas para la productividad, el desarrollo y el trabajo colaborativo conocida como G Suite y ofrecida por la empresa Google®.

Cabe destacar la falta de fuentes informativas sobre el tema, algo que se nota incluso en los escasos manuales sobre el concepto y su funcionamiento dentro del propio sitio de Google®. Aunque los temas y las innovaciones tecnológicas tienen la costumbre de llegar al mercado a una velocidad cada vez mayor, esto no significa que se puedan aprovechar al máximo sus posibilidades de uso. Es algo que ocurre, de forma recurrente, con el uso de software libre - que tiene sus deficiencias por su documentación defectuosa o incluso inexistente (Amorim, 2015). Es en este sentido que la presente investigación condiciona la posibilidad de discutir sobre el uso de esta herramienta tecnológica apodada como G Suite, describiendo su funcionamiento y divulgando su utilidad.

Resultados

Procedimientos introductorios

Google® puede caracterizarse como un proveedor de servicios de Internet, del inglés ISP - *Internet Service Provider* - que proporciona a las personas y a las organizaciones acceso a un sólido conjunto de servicios. Tiene servicios gratuitos y de pago, comerciales y no comerciales (Stair y Reynolds, 2011; Baltzan y Phillips, 2012). En otras palabras, es una empresa orientada a los servicios que cuenta con una infraestructura completa (servidores, *storages*, *softwares*, *datacenters*). Los servicios web engloban todas las tecnologías que se utilizan para transmitir y procesar información a través de una red, más concretamente, de Internet (Baltzan y Phillips, 2012).

En el caso concreto del objeto de esta investigación, para que el usuario tenga acceso a los servicios básicos ofrecidos por la empresa Google® es necesario que cree una cuenta de correo electrónico - concretamente una cuenta de Gmail. Este es el *correo electrónico* oficial de la empresa y es el procedimiento básico para que el usuario pueda disfrutar del conjunto de herramientas de productividad que ofrece la empresa. Una vez iniciada la sesión, el usuario tiene acceso a una amplia plataforma de servicios que incluye aplicaciones ofimáticas, almacenamiento y trabajo colaborativo. Para esta investigación, en particular, se detallará la G Suite como plataforma de soluciones integradas y Google Docs como herramienta específica para el trabajo colaborativo. A continuación se describen estas herramientas tecnológicas.

G Suite

G Suite puede definirse como un paquete de soluciones en herramientas de productividad (ofimática) basadas en la tecnología de la nube, es decir, un conjunto diverso de productos de Google® orientados tanto a empresas como a personas. Sustituye al antiguo Google Apps y cuenta con un conjunto de aplicaciones basadas en la web con características similares a los paquetes ofimáticos tradicionales, como Microsoft *Office*® y Libre *Office*, por ejemplo. Contiene un conjunto de herramientas de productividad en línea integradas, como correo electrónico, calendario, *office*, almacenamiento, videollamadas, etc. Basado en la tecnología de la nube, dicho servicio está activo las 24 horas del día, los 7 días de la semana y se puede acceder a él desde cualquier lugar, en cualquier momento y desde cualquier dispositivo conectado a Internet (Wikipedia, 2018; Rhous, 2018).

G Suite ofrece soluciones de almacenamiento en la nube, herramientas de productividad y trabajo colaborativo, siendo un conjunto diverso de aplicaciones (software) desarrolladas por Google® con versiones gratuitas muy populares, como Gmail, Google Drive y Google Docs, por ejemplo, además de la versión de pago, que acumula un conjunto de características adicionales orientadas al uso comercial. La prueba de G Suite comercial es gratuita durante 14 días. Después, el paquete de servicios más básico es de pago y tiene una tarifa de 6 dólares por usuario/mes (Wikipedia, 2018; Rhous, 2018). Los precios de los paquetes de servicios se ilustran en la figura 1.

| PACOTE | Basic | Business | Enterprise |
|----------|--|--|--|
| PREÇO | R\$24,30 por usuário/mês | R\$48,60 por usuário/mês | R\$112,00 por usuário/mês |
| SOLUÇÕES | e-mail comercial | e-mail comercial | e-mail comercial |
| | videoconferência e chamada de voz | videoconferência e chamada de voz | videoconferência e chamada de voz |
| | mensagens | mensagens | mensagens |
| | agenda | agenda | agenda |
| | pacote of 30gb de armazenamento na nuvem | pacote of desenvolvimento de aplicativos | pacote of desenvolvimento de aplicativos |
| | suporte 24 horas, 7x7 | armazenamento na nuvem ilimitado | armazenamento na nuvem ilimitado |
| | controle de segurança e administração | suporte 24 horas, 7x7 | suporte 24 horas, 7x7 |
| | | controle de segurança e administração | controle de segurança e administração |
| | | recurso e-discovery | recurso e-discovery |
| | | definição de políticas e relatórios de auditoria | definição de políticas e relatórios de auditoria |
| | | | prevenção, hospedagem, integração, controle, análise |

Figura 1. Precios de G Suite por modalidad de paquete

Nota: Fuente: Google® (2020).

Por otro lado, la versión no comercial (la más popular) es completamente gratuita y ofrece una sólida gama de soluciones de herramientas ofimáticas, almacenamiento en la nube y trabajo colaborativo. Todo el conjunto de aplicaciones que incluye, motor de búsqueda, correo electrónico, calendario, almacenamiento, videollamadas, traductor, GPS y blogs, se ofrecen de forma gratuita hasta el límite de 15gb de almacenamiento (Google, 2020). Más allá de este límite, Google® cobra una tasa según la figura 2.

| PACOTE DE SERVIÇOS | |
|--------------------|----------------|
| ARMAZENAMENTO | PREÇO |
| 15gb | Gratuito |
| 100gb | R\$6,99/mês |
| 200gb | R\$9,99/mês |
| 2tb | R\$34,99/mês |
| 10tb | R\$349,99/mês |
| 20tb | R\$699,99/mês |
| 30tb | R\$1049,99/mês |

Figura 2. Precio según el almacenamiento a contratar.

Nota: Fuente: Google® (2020).

Para acceder al paquete de servicios gratuitos que ofrece la compañía, reforzando lo ya dicho, el usuario debe crear una cuenta de Gmail. A partir de un nombre de usuario y una contraseña válidos, el usuario tiene acceso a todas las herramientas más básicas que apoyan la productividad, el almacenamiento y el trabajo colaborativo, como ya se ha especificado. A continuación resumiremos algunas de estas principales herramientas mencionadas que componen el paquete de servicios gratuitos.

Herramientas básicas y Google Docs

A partir de un correo electrónico válido, al iniciar la sesión en el sistema, el usuario puede disponer de una amplia gama de servicios gratuitos e integrados en una única plataforma, que incluyen herramientas de conexión (Gmail, Calendar, Google+, Hangouts Chat y Hangouts Meet), creación (Google Docs, Google Forms, Google Sites y Blogger) y acceso y almacenamiento (Google Drive). La interfaz del sistema es bastante intuitiva y amigable, siendo de fácil usabilidad (Botacim y Athayde, 2018).

Cuando se trata de trabajo colaborativo, por ejemplo, el usuario puede contar con herramientas que le permitirán un excelente nivel de flujo de información, como el chat y la videoconferencia a través de la aplicación Hangouts. En ella, es posible combinar la transmisión de voz, vídeo y audio, reduciendo los pasos con los desplazamientos y el tiempo, aumentando la eficacia en la comunicación de la gestión a través de respuestas rápidas, acceso a más personas y menos duplicación de esfuerzos por lugares geográficamente dispersos (Stair y Reynolds, 2011). La figura 3 ilustra algunos de los diseños de algunas de las herramientas de G Suite.

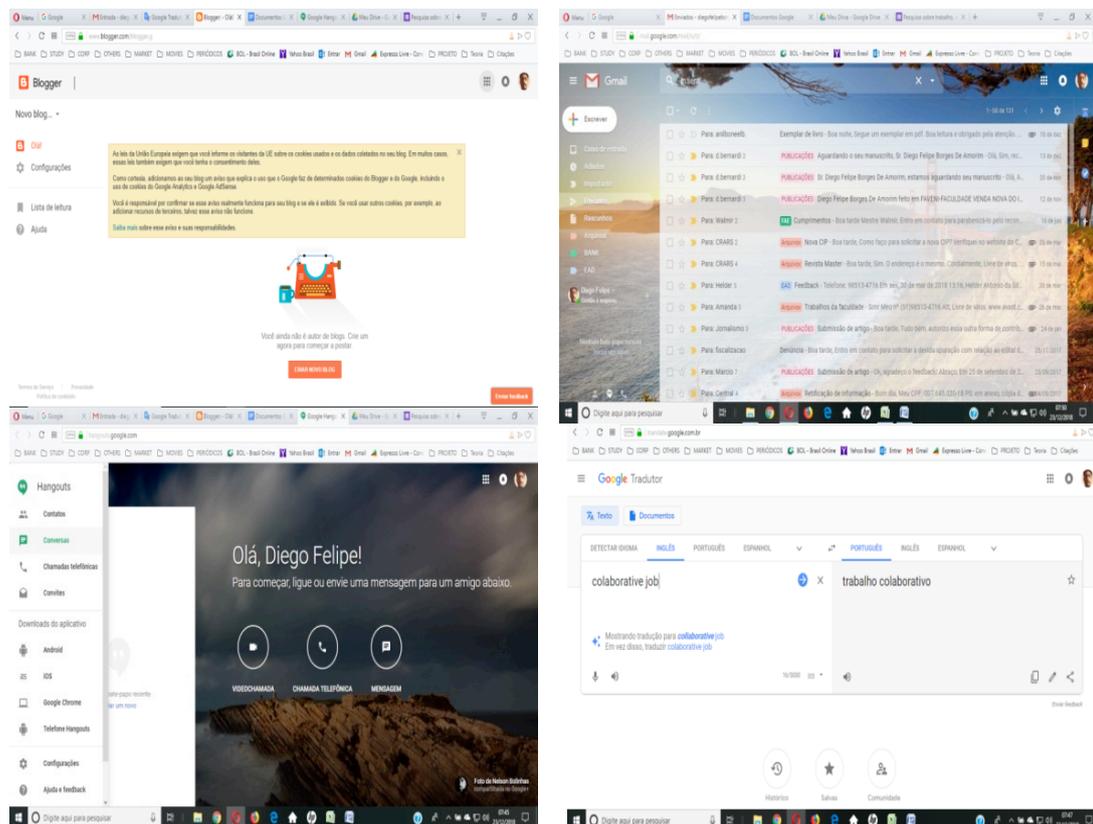


Figura 3. Páginas de inicio de algunas herramientas de Google Apps.

Nota: Fuente: el autor.

Google Docs, por su parte, puede identificarse como la aplicación más inclinada al trabajo colaborativo, ya que reúne un paquete de software de productividad como documentos, hojas de cálculo, formularios y presentaciones. Es considerado un espacio de trabajo que se puede compartir, en el que los miembros autorizados del proyecto y

los colegas pueden compartir documentos, problemas, plantillas, hojas de cálculo, fotos y otras formas de información para mantenerse al día sobre el estado del proyecto o los temas de interés común (Stair y Reynolds, 2011). Por razones lógicas, esto optimiza el tiempo de trabajo y las limitaciones de espacio, facilitando la creación, la organización, el intercambio y la gestión de esta información en colaboración. La figura 4 ilustra el concepto presentado.

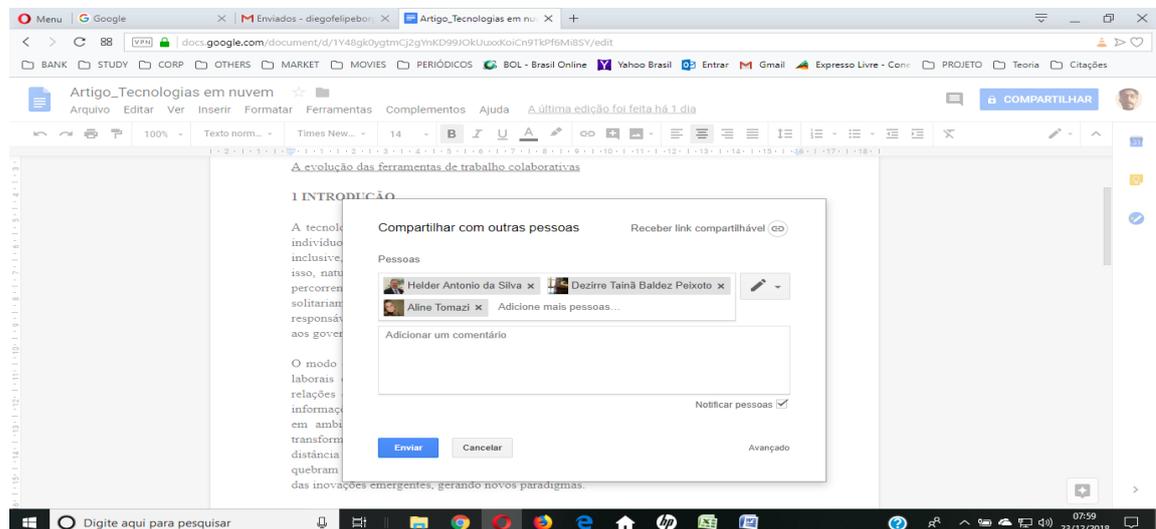


Figura 4. Layout de la herramienta Google Docs con opción de compartir.
Nota: Fuente: el autor.

Mediante el uso de Google Docs, el usuario dispone de una completa herramienta básica para crear, almacenar y compartir sus archivos en los diferentes formatos de grabación posibles, los cuales son compatibles con los programas *office* más tradicionales comercializados, como los ya señalados Microsoft *Office*® y Libre *Office*. Quizás la ventaja percibida más evidente, entre todas las ya presentadas, es la posibilidad de tener acceso al archivo en diferentes dispositivos móviles, como *notebooks*, *tablets* y *smartphones*, siempre que el archivo en cuestión esté almacenado en la tecnología de la nube y haya una conexión a Internet. Por otro lado, la desventaja más clara es la necesidad de estar on-line, ya que en modo off-line no hay posibilidad de acceder a los archivos almacenados en la tecnología de la nube. Cuando se conecta, los archivos se abren y se guardan automáticamente en la aplicación Google Docs.

Aplicaciones web, entorno de colaboración y educación

Las aplicaciones online de tipo *office* – procesador de textos, hoja de cálculo y creador de presentaciones – permiten crear, editar, colaborar y compartir documentos a través de Internet, lo que antes sólo era posible en el ordenador (Jorge, 2009). Si en el pasado sólo había dos opciones: desarrollar o adquirir la tecnología, actualmente existe una tercera opción: alquilarla a través de una base de servicios permanente (Turban y Volonino, 2013). Esto lleva al encuentro de la computación o tecnología en la nube, que proporciona mayores capacidades informáticas, como los servicios web que engloban todas las tecnologías que se utilizan para transmitir y procesar información a través de una red, más concretamente, de Internet. (Baltzan y Phillips, 2012; Turban y Volonino, 2013).

En este sentido, Google Docs puede identificarse como un sistema colaborativo, ya que permite a sus usuarios crear, editar, gestionar y compartir documentos. Un sistema de colaboración es un conjunto de herramientas basadas en las tecnologías de la información que apoyan el trabajo de los equipos facilitando el intercambio y el flujo de información (Baltzan y Phillips, 2012). Tiene el poder de resolver diversas tareas específicas como negocios o no negocios, tareas académicas, reuniones en línea, proyectos remotos, etc (Jorge, 2009; Baltzan y Phillips, 2012; Turban y Volonino, 2013). Otra definición adecuada dice que es una aplicación para grupos de trabajo, que está diseñada para apoyar el trabajo en grupo tanto si las personas están en el mismo lugar como si están dispersas globalmente (Stair y Reynolds, 2011).

Este tipo de herramientas resultan bastante útiles en el desarrollo del trabajo colaborativo (Jorge, 2009). Los usuarios pueden crear, editar, gestionar y compartir documentos. Como el contenido se almacena en Internet (nube), será accesible para los usuarios del grupo de trabajo en cualquier momento y lugar. En concreto, dentro de la aplicación Google Docs es posible definir parámetros de acceso (Jorge, 2009; Botacim y Athayde, 2018), es decir, el miembro propietario puede definir el nivel de participación de cada miembro del proyecto, por ejemplo. Cada vez que un miembro del grupo contribuye, es posible seguir las modificaciones – Figura 5 – realizadas al trabajo desde el "historial de versiones".

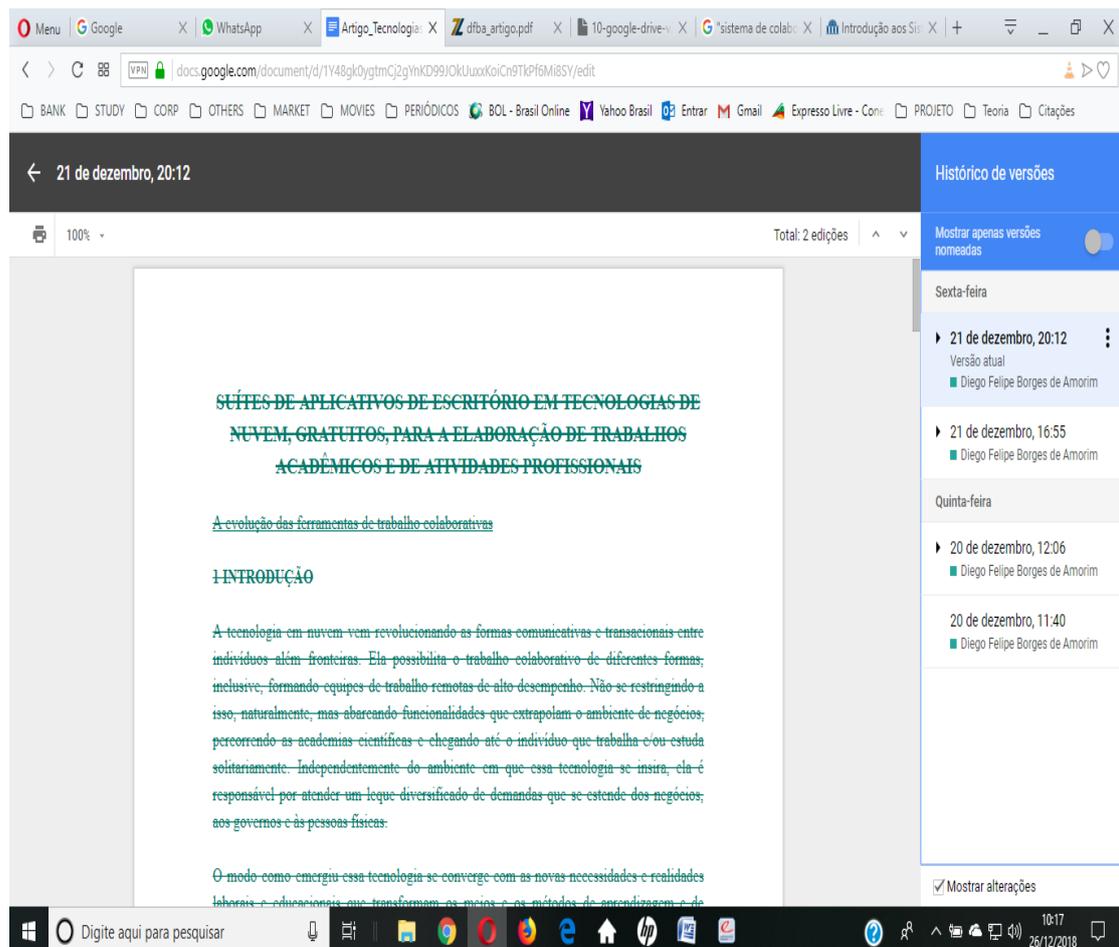


Figura 5. Gestión de versiones dentro de la aplicación Google Docs.

Nota: Fuente: el autor.

La herramienta lleva un registro de las versiones editadas por cada miembro del grupo de trabajo, y las contribuciones de los participantes se identifican por colores. Así, el profesor puede supervisar el progreso del trabajo y conocer la contribución de cada alumno (Jorge, 2009). El usuario moderador (en el caso de un profesor, por ejemplo), tiene la posibilidad de crear parámetros de evaluación según la contribución individual del grupo de trabajo. Cada contribución editada al proyecto (documento) es guardada, automáticamente, por el sistema y puede ser recuperada en cualquier momento y lugar a través de un hiperlink generado por la propia aplicación. Por supuesto, en el caso del uso individual, el usuario percibirá la evolución de su trabajo de la misma manera, porque la plataforma está dirigida tanto a la colaboración como al uso individual por parte de un estudiante o un empleado de una empresa.

El paquete de Google Docs, aunque con menos funcionalidades que un software tradicional, cuenta con una actualización constante de la herramienta, dotándola de más y más temas, opciones y características (Jorge, 2009). Por otra parte, un número cada vez mayor de aplicaciones informáticas recurren a las conexiones en línea para apoyar los documentos de grupo y el intercambio de información (Stair y Reynolds, 2011). Google® avanza en la innovación de los servicios en línea mediante la creación de aplicaciones web sólidas y diversificadas, que incluyen el intercambio de documentos, hojas de cálculo, presentaciones, calendarios y notas entre grupos de trabajo. A nivel educativo, la herramienta puede ser utilizada por un grupo de estudiantes que trabajen en un proyecto común y que implique la creación de uno o varios tipos de artefactos: documentos, hojas de cálculo o presentaciones (Jorge, 2009).

Google Docs es una excelente herramienta para elaborar textos, hojas de cálculo y presentaciones, que pueden prepararse de forma individual o colectiva. Al poder convertirse en un espacio de colaboración, la aplicación favorece el trabajo colectivo, aportando ventajas que pueden ser utilizadas en un contexto educativo y profesional, como ya se ha señalado. Con una conexión a Internet, la creación, edición, gestión y compartición de documentos están garantizadas. El secreto del éxito de la computación en nube, entre otras cosas, quizá radique en que mantiene un círculo virtuoso de información al que se puede acceder en cualquier momento y lugar. Y compartir produce experiencias capaces de promover ideas y soluciones para los más diversos paradigmas.

Por lo tanto, la tendencia de la computación en la nube responde a las nuevas realidades globales de aprendizaje, que requieren la inserción de diversas tecnologías en el proceso educativo (Jorge, 2009; Stair y Reynolds, 2011). Con los programas y sistemas de enseñanza a distancia, los profesores pueden crear fácilmente *homepages* de cursos en Internet. Los estudiantes pueden acceder a la lista de temas y libros del curso y a las notas del instructor en la página web (Stair y Reynolds, 2011). Son aplicaciones web de productividad, videoconferencias, correos electrónicos, foros de discusión, chats, blogs, redes sociales, etc., que potencian los procesos de aprendizaje y la construcción del conocimiento. Las estrategias de enseñanza y aprendizaje que enfatizan la importancia de la construcción colaborativa del conocimiento requieren herramientas que faciliten la producción colectiva de artefactos en tiempo real y en diferentes lugares (Kasielewska, 2008 *apud* Jorge, 2009).

Debate y conclusiones

La presente investigación tiene como objetivo describir la funcionalidad de la herramienta web G Suite como solución integrada de aplicaciones para conectar,

acceder, crear y controlar la productividad y el trabajo colaborativo. Esta se centra en la presentación de la aplicación Google Docs como herramienta orientada al trabajo cooperativo, tanto académico como profesional. Para ello, hemos seguido un recorrido que pasaba por una breve explicación de G Suite y seguía con más detalle el Google Docs y sus aportaciones a los entornos colaborativos y educativos. La elaboración de este estudio se estructuró en el material restringido disponible sobre el tema y en el uso de la aplicación, objeto de pesquisa de esta investigación, por parte de este investigador. Reforzando que se realizó exclusivamente dentro de la aplicación web denominada Google Docs, tanto para la construcción del texto, como para la composición de la hoja de cálculo en la que se crearon las tablas y figuras que componen este artículo.

Se entiende que el objetivo de la presente investigación se ha cumplido. Por lo que se concluye lo siguiente: (1) G Suite es un potente y completo paquete de servicios web orientado a las empresas, por lo que los productos que componen esta solución integrada pueden personalizarse según la contratación deseada. (2) Google Docs es una herramienta de G Suite, siendo la más orientada al trabajo colaborativo, desde la creación, edición, gestión y compartición de documentos con variadas extensiones de grabación. (3) G Suite es la evolución de Google Apps, reforzando su carácter comercial. Sin embargo, se puede acceder al uso de aplicaciones de productividad, almacenamiento y trabajo colaborativo de forma gratuita con algunas limitaciones siempre que el usuario cree su cuenta de Gmail. (4) Google Docs es una excelente herramienta de trabajo colaborativo, de layout intuitivo y sencillo. Aunque de funcionalidad modesta, aporta lo necesario para realizar un trabajo con unas normas mínimas a seguir. Por otro lado, aporta la ventaja de tener varias herramientas de apoyo integradas, como Gmail, Google Forms, Google Drive, Google Translator, Google Hangouts. (5) Esta integración y conformidad de las soluciones crea valor en el aprendizaje, la educación y los procesos de trabajo, colaborativos o no. Google Docs se convierte en un entorno de construcción, gestión y compartición del conocimiento, orientado a la innovación. (6) Una posible desventaja del uso de la computación en nube es la dependencia de una conexión continua a Internet. No se puede acceder a estas aplicaciones sin conexión, y eso incluye a Google Docs.

Como la evolución de las tecnologías es cada vez más rápida y compleja, y la computación en la nube es ya una realidad que debe ser mejor explorada, se recomienda una profundización en las demás herramientas que componen la G Suite o las de la competencia, como Microsoft® Office Online, por ejemplo. Algo en lo que se podría profundizar mejor, además, es en la herramienta Google Classroom (Google Salón de Aula), ya que en el portal de Google® se ofrece de forma totalmente gratuita. Este puede ser un tema muy relevante si se perfecciona con aplicaciones prácticas de casos exitosos en la implementación de estas herramientas de apoyo educativo.

Referencias

Amorim, D. F. B. (2015). Softwares de sistema e de aplicações livres: benefícios e limitações no uso dessas tecnologias nos negócios. *Revista Científica Semana Acadêmica*, 1(69), 1-25.
https://www.researchgate.net/publication/307924382_SOFTWARES_DE_SISTEMAS_E_DE_APLICACOES_LIVRES_BENEFICIOS_E_LIMITACOES_NO_USO_DESSAS_TECNOLOGIAS_NOS_NEGOCIOS

Baltzan, P. y Phillips, A. (2012). *Sistemas de informação*. AMGH.

- Bertucci, J. L. O. (2012). *Metodologia básica para elaboração de trabalhos de conclusão de cursos: ênfase na elaboração de TCC de pós-graduação Lato Sensu*. (1ª ed.). Atlas.
- Botacim, R. S. & AThayde, S. S. (2018). Google Drive no desenvolvimento de trabalhos acadêmicos na educação a distância. *Revista Científica Intelletto*, 3(1), 103-112. <https://doi.org/10.17648/intellecto-2525-9075-v3-n1-10>
- GOOGLE. (2020). *Uma forma simples de obter ainda mais do Google*. <https://one.google.com/about>
- Jorge, N. R. (2009). *Contextos de aprendizagem 2.0: a utilização de ferramentas web 2.0 para uma aprendizagem em contexto*. Universidade Aberta.
- MICROSOFT. (2018). *O que é computação em nuvem? um guia para iniciantes*. <https://azure.microsoft.com/pt-br/overview/what-is-cloudcomputing/>
- PRodanov, C. C. & Freitas, E. C. (2013). *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. (2ª ed.). Feevale.
- Rhous, M. (2018). *G Suite, o que é?* <https://marcosrhous.com/g-suite/>
- Stair, R. M. y Reynolds, G. W. (2011). *Princípios de sistemas de informação*. Cengage Learning.
- Turban, E. y Volonino, L. (2013). *Tecnologia da informação para gestão: em busca do melhor desempenho estratégico e operacional*. (8ª ed.). Bookman.
- Wikipedia. (2018). *G Suite* https://pt.wikipedia.org/wiki/G_Suite

Fecha de recepción: 22/07/2021

Fecha de revisión: 24/03/2021

Fecha de aceptación: 29/03/2021

Cómo citar este artículo:

Flores Huete, M. F. (2021). Desarrollo de un sistema integral de matrices del entorno de marketing para la toma de decisiones y el aporte del crecimiento de la pequeña y mediana empresa (PYMES) en la región de Tegucigalpa, Honduras. *Project, Design and Management*, 3(1), 41-72. doi: 10.29314/pdm.v3i1.615

**DESARROLLO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE MATRICES
DEL ENTORNO DE MARKETING PARA LA TOMA DE
DECISIONES Y EL APORTE DEL CRECIMIENTO DE LA
PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA (PYMES) EN LA REGIÓN DE
TEGUCIGALPA, HONDURAS**

Mario Fernando Flores Huete

Universidad Nacional Autónoma de Honduras (Honduras)

fernando.flores@unah.edu.hn

Resumen. En Tegucigalpa, Honduras el sector PYMES (Pequeña y Mediana empresas) son un motor económico por su capacidad comprobada de generar empleo y por su aportación a la economía, en general. (INE, 2017). En promedio el 90% está compuesto entre micro y pequeñas empresas y tan solo un 10% de medianas empresas. El objetivo principal fue desarrollar un modelo integrado de matrices estratégicas para las PYMES del Distrito Central, Honduras; que permita incidir en optimizar la toma de decisiones de sus principales indicadores gerenciales. La hipótesis a demostrar fue si un modelo integrado de matrices estratégicas del entorno del Marketing ayuda a la toma de decisiones, y permite el crecimiento organizacional de las PYMES. La investigación fue un alcance descriptivo, con un tipo de investigación no experimental de corte transversal, la variable independiente fue un sistema integrado de matrices estratégicas del entorno del Marketing y la variable dependiente crecimiento o potencialización empresarial en las PYMES. Para el estudio se consideró al universo de 10,000 PYMES en Tegucigalpa, tomando la muestra de 155 empresas seleccionadas mediante la técnica aleatoria simple. Se determinó como las PYMES analizan sus entornos, ya sea el macro entorno y micro entorno, mediante un sistema de 6 matrices estratégicas. El sistema se desarrolló en una empresa donde la implementación de las matrices demostró diferentes estrategias, que, dependiendo de los resultados, puede aportar de manera significativa, en como las PYMES, pueden afrontar su entorno competitivo en todas las áreas y las posibles soluciones tanto a corto, mediano y largo plazo. El trabajo fue realizado para el Doctorado en Proyectos de la Universidad Iberoamericana, con convenio con Funiber.

Palabras clave: Estrategia, matrices estratégicas, entornos, MIPYME

DEVELOPMENT OF A COMPREHENSIVE SYSTEM OF MATRICES OF THE MARKETING ENVIRONMENT FOR DECISION MAKING AND THE CONTRIBUTION OF THE GROWTH OF SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES (PYMES) IN THE REGION OF TEGUCIGALPA, HONDURAS

Abstract. In Tegucigalpa, Honduras, the PYMES sector is an economic engine due to its proven ability to generate employment and for its contribution to the economy, in general. (INE, 2017). On average, 90% is made up of micro and small companies and only 10% of medium-sized companies. The main objective was to develop an integrated model of strategic matrices for the PYMES of the Central District, Honduras; that allows influencing in optimizing the decision-making of its main managerial indicators. The hypothesis to be demonstrated was whether an integrated model of strategic matrices of the Marketing environment helps decision-making, and allows the organizational growth of PYMES. The research was descriptive in scope, with a type of non-experimental cross-sectional research, the independent variable was an integrated model of strategic matrices of the Marketing environment and the dependent variable growth or business potentialization in PYMES. For the study, the universe of 10,000 PYMES in Tegucigalpa was considered, taking the sample of 155 companies selected using the simple random technique. It was determined how PYMES analyze their environments, be it the macro environment and micro environment, through a system of 6 strategic matrices. The system was developed in a company where the implementation of the matrices demonstrated different strategies, which, depending on the results, can contribute significantly, in how SMEs can face their competitive environment in all areas and the possible solutions both to Short, medium and long term. The work was carried out for the Doctorate in Projects of the Universidad Iberoamericana, with an agreement with Funiber.

Keywords: Strategy, strategic matrices, environments, PYMES

Introducción

Las PYMES en Tegucigalpa, Honduras, y en todo el mundo están categorizadas como motores que dinamizan la economía en todos los sentidos, a su vez, por lo menos en Honduras, no se les ha estudiado como debería de ser, a pesar que las grandes empresas en algún momento comenzaron como PYMES, no se le da importancia relativa que deberían tener, lo cierto es que este sector de la infraestructura comercial y productiva, recorren un arduo camino con muchas dificultades por afrontar día a día.

El marketing no es indiferente a esta actividad comercial, sin embargo, por la falta de recursos las MIPYME, operan de manera artesanal o de manera silvestre o dicho de otro modo, sin un sentido profesional o metodológico, sin los estudios y conocimientos necesarios para poder competir de una mejor manera y por ende operar a largo plazo. La capital es la columna vertebral de las economías sumergidas en el país, lo que genera empleo y movimiento de flujos de efectivo, por lo cual cada vez más Tegucigalpa se muestra atractiva a la inversión. Al identificar variables estratégicas de marketing de acuerdo a los diferentes entornos en Honduras, se brindará modelos para generar estrategias con el fin competir y por ende ayudar a generar rentabilidad.

El objetivo del estudio fue desarrollar un modelo integrado de matrices estratégicas para las PYMES del Distrito Central, Honduras, se tomaron como factores los diferentes entornos de marketing, así como otros modelos como ser las 5 fuerzas de Porter, matrices FODA y variables del micro entorno y macro entorno.

Antecedentes

Según el criterio de Barba y Martínez (2006), citado por Guevara, (2016) quienes señalan que el nacimiento de nuevas empresas puede agruparse bajo perspectivas atribuidas al empresario, en función de la importancia de generar relaciones diversas para organizar sus negocios o empresas.

En ese orden para González, (2014) se considera que la génesis de las MIPYME surgió por dos vías: La empresa grande, aquella que tiene una estructura y organización estable y la otra que es de índole familiar y que busca su permanencia en el mercado.

Kerkhoff, (2012) en su estudio Competitividad de las MIPYME en Honduras explica que, a pesar de las diferentes iniciativas de apoyo a las micro, pequeña y medianas empresas de Honduras, es evidente que estos esfuerzos no están claramente vinculados a un marco de políticas de desarrollo del país en general, ni a la competitividad del sector empresarial en particular.

Según Ochoa (2016) existen en Honduras un total de 1,578 empresas medianas que abarcan la producción de alimentos, bebidas y tabaco, textil y confección, madera y muebles, metalmecánica y químicos, caucho y plásticos. Con respecto a la recopilación de información, a pesar de que no se cuenta con suficiente información de partida, existe claridad en las definiciones en lo que compete a las MIPYME en Honduras, tal como se evidencia en las organizaciones que a través de los años han recopilado información con relación a este tema.

Específicamente en estudios realizados en Honduras, uno sobre Competitividad del sector empresarial, Cevallos (2008) citado por Amaya (2015) indica que las Pymes vienen siendo objeto, de manera creciente, de numerosas investigaciones y análisis, tanto en los países industrializados como en los que están en desarrollo. Su progresiva importancia en el proceso de crecimiento económico de los países se debe, fundamentalmente, al empleo que generan en un contexto en donde conviven dos situaciones.

Las MIPYME, según Kerkhoff (2012) cumplen una función fundamental en la subsistencia y desarrollo del país. No obstante, esta situación se ha modificado en el transcurso de las últimas décadas del siglo pasado, pues el sector pasó de representar un mecanismo de supervivencia a la pobreza, a ser un segmento empresarial de combate a la pobreza. Kerkhoff (2012) manifiesta que en las décadas de los setenta y ochenta, no se le asignaba mucha importancia a la formulación de 93 Situación de las MIPYMES en Honduras.

Para Amaya (2015) El pequeño empresario hondureño sigue siendo la base de la economía, más del 70% del empleo generado en el país es producto de las micro, pequeñas y medianas empresas que ya suman -solamente en el tema de transformación- un total de 170,000 organizaciones que aportan más del 30% del PIB del país.

En un estudio publicado por Orueta (2016) de acuerdo a la Ley para el Fomento y Desarrollo de la Competitividad de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa, las pequeñas empresas se definen como aquellas que poseen una mejor combinación de factores productivos y posicionamiento comercial, que permitan a la unidad empresarial acumular ciertos márgenes de excedentes, tienen una organización empresarial más definida que las microempresas y mayor formalización en su gestión y registro.

Por otro lado, se presentan autores que han dado su aporte al crecimiento de teorías de marketing para tener una mejor comprensión del tema, en 1914 el profesor Lewis Weld presentó la investigación “Distribución de mercado” en la Asociación Económica Americana, trabajo que ha sido considerado como la primera investigación científica en *marketing* Bartels, (1988). En 1914 Butler define el marketing como una combinación de factores, un trabajo de coordinación, de planificación, y de administración de las complicadas relaciones que debe considerar un distribuidor antes de realizar su campaña Bartels, (1988).

Alexander en su libro *Marketing* (1940), citado por Munuera Alemán (1992, pág. 130). enumera las siguientes funciones: Merchandising, Compra, Venta, Estandarización, Riesgo, Concentración, Financiación, Control y Almacenaje.

Porter (1991) citado por Estrada Sánchez y Vargas-Hernández (2015) mencionan que entender en toda su dimensión el concepto de competitividad es importante, dado su valor para explicar y abordar la problemática que plantea la creación de los factores requeridos para que en economías de escaso desarrollo resulten viables procesos de desarrollo, o por lo menos, de crecimiento de algunos sectores.

Método

Se realizó una investigación cuantitativa, que como lo evidencia (Sampieri, 2014) “en estudios cuantitativos la recolección de datos se usa para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” un alcance descriptivo, con un diseño no experimental de corte transversal, donde las variables fueron *sistema integrado de matrices estratégicas del entorno del Marketing*, como independiente, *Crecimiento o potencialización empresarial en las PYMES* como dependiente. La muestra fue probabilística, de corte aleatorio simple, que según los resultados del cálculo del tamaño de la muestra se aplicaron los instrumentos a 155 PYMES en Tegucigalpa, Honduras.

El instrumento usado fue un cuestionario estructurado creado de autoría propia para poder suplir variables para alimentar las diferentes matrices, llenado por los propietarios, administrativos o directivos de las empresas, constó de varias partes a desarrollar, la primera enfocada a determinar aspectos generales descriptivos, como ser antigüedad, sexo, nivel académico, cargo del entrevistado, cantidad de colaboradores y el rubro al cual pertenece.

La segunda sección del instrumento recogió información sobre las variables dependientes e independientes, haciendo énfasis en recopilar las variables del micro entorno para determinar las debilidades y fortalezas conocidas, así como las del macro entorno para identificar oportunidades y amenazas del entorno competitivo.

Se realizó una prueba piloto para validar el instrumento el cual representó 15 empresas siendo un 10% de la muestra, teniendo un coeficiente estadístico de 0.943 de fiabilidad como resultado, lo que se consideró correcto, para seguir con el total del estudio. Para el análisis de la información general se utilizaron tablas de frecuencias, utilizando el programa SPSS versión 24.

Hipótesis

Hipótesis planteada para la investigación fue: *Un sistema integrado de matrices estratégicas del entorno del Marketing ayuda a la toma de decisiones, y permite el crecimiento organizacional de las PYMES.*

Resultados

Se pudo observar que del total de PYMES entrevistadas el 50.32% representaba a los propietarios, el 29.03% administradores y el 20.65% a los gerentes lo que daba una buena pauta de buen criterio ya que son ellos los que manejan concretamente la disponibilidad de recursos de las empresas. Todos ellos representan el 38.06% con permanencia de 1 a 3 años y el 34.19% de 4 a 8 años y el 27.74% 9 años o más. La edad promedio con un 42.58% es de 26 a 35 años que se considera una población joven, un 18.06% la edad es 18 a 25 años y de 36 años en adelante es 39.35% lo que representa una distribución equitativa de las edades.

El nivel educativo tuvo resultados interesantes observando que el 56.77% de los entrevistados tienen estudios de pregrado, lo que se considera muy bueno dadas las habilidades que se necesitan para administrar un negocio, y el 24.52% tienen secundaria, y el 16.77% de Posgrado, y solo un 1.94% apenas cursó la primaria.

En el género empresarial el 60.65% la dirigen los hombres y el 39.35% son dirigidas por mujeres.

Por otro lado 47.10% tenían de 1 a 5 colaboradores, el 21.29% de 5 a 10 colaboradores y el 14.19% de 10 a 15 empleados y el 17.42% más de 15 empleados, en cuanto a los rubros entrevistados el mayor porcentaje fue acreditado al sector comercial con un 41.29% y el sector servicios con un 28.39%, seguido del 19.35% del sector alimenticio, pero se trató de tener una muestra representativa de todos los rubros, el 51.61% son comerciante individual, el 23.23% lo representan 23.23%, y el 25.16% representan Sociedades de Responsabilidad Limitada, o sea la muestra representa a PYMES totalmente constituidas.

El 32.90% de la muestra dice desconocer si su empresa o negocio es centralizada o descentralizada el 41.29% dice ser Centralizada y 25.81% descentralizada. Se observa que el modelo genera confianza en las personas entrevistadas que como se vio en análisis anteriores la mayoría son los propietarios, solo una pequeña cantidad no sienten confianza en el modelo con un 2.58%, Se observa que los encargados de PYMES creen que con la implementación del modelo de matrices estratégicas si mejoraría sus negocios, solo un pequeño 1.29% consideran que no les aportaría nada en el manejo de sus negocios, de ahí se tiene buena aceptación hacia el modelo.

Con el fin de tener un panorama más claro en relación a los datos obtenidos, en este apartado se presentan el cruce de variables de los principales datos generales, teniendo los principales hallazgos.

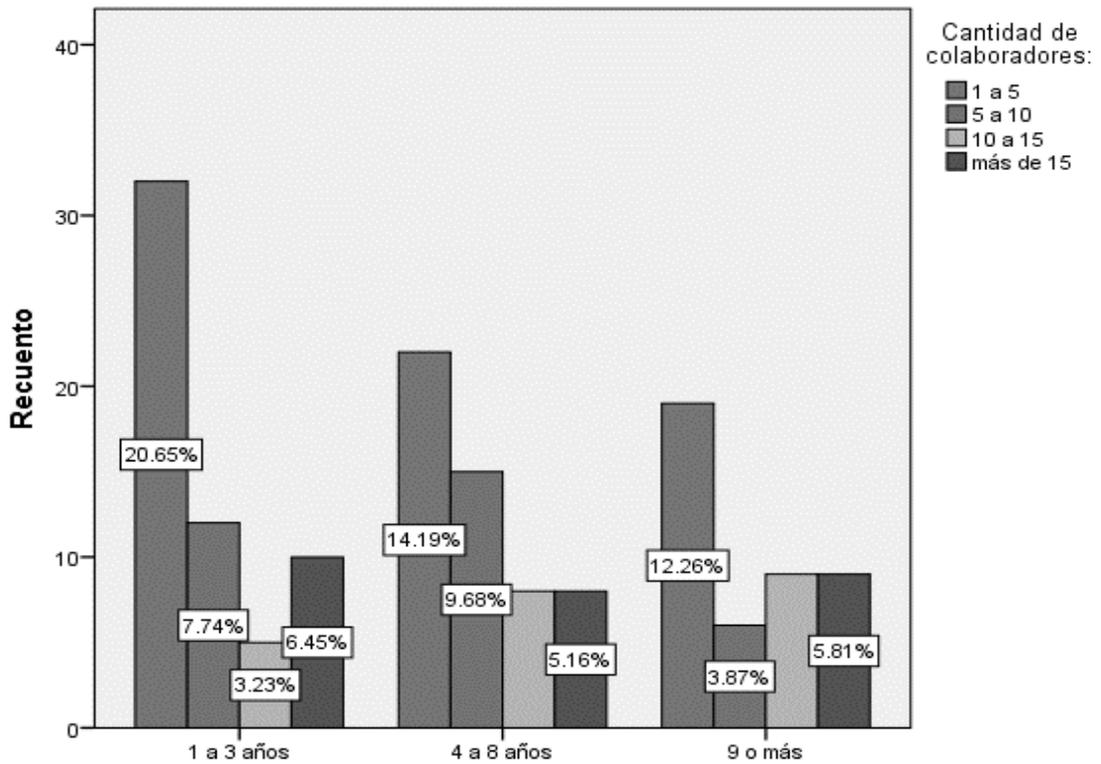


Figura 1. Cruce de variables cantidad de colaboradores con años de permanencia en la empresa

Nota: Se puede observar que en los tres niveles de rangos de años de permanencia las empresas tienen de 1 a 5 colaboradores, un dato interesante es ver a las empresas que con una duración o más de 15 años, se ven representados en las empresas con permanencia de 1 a 3 años y en el caso de 5 a 10 colaboradores se ve maximizado en las empresas de 4 a 8 años.

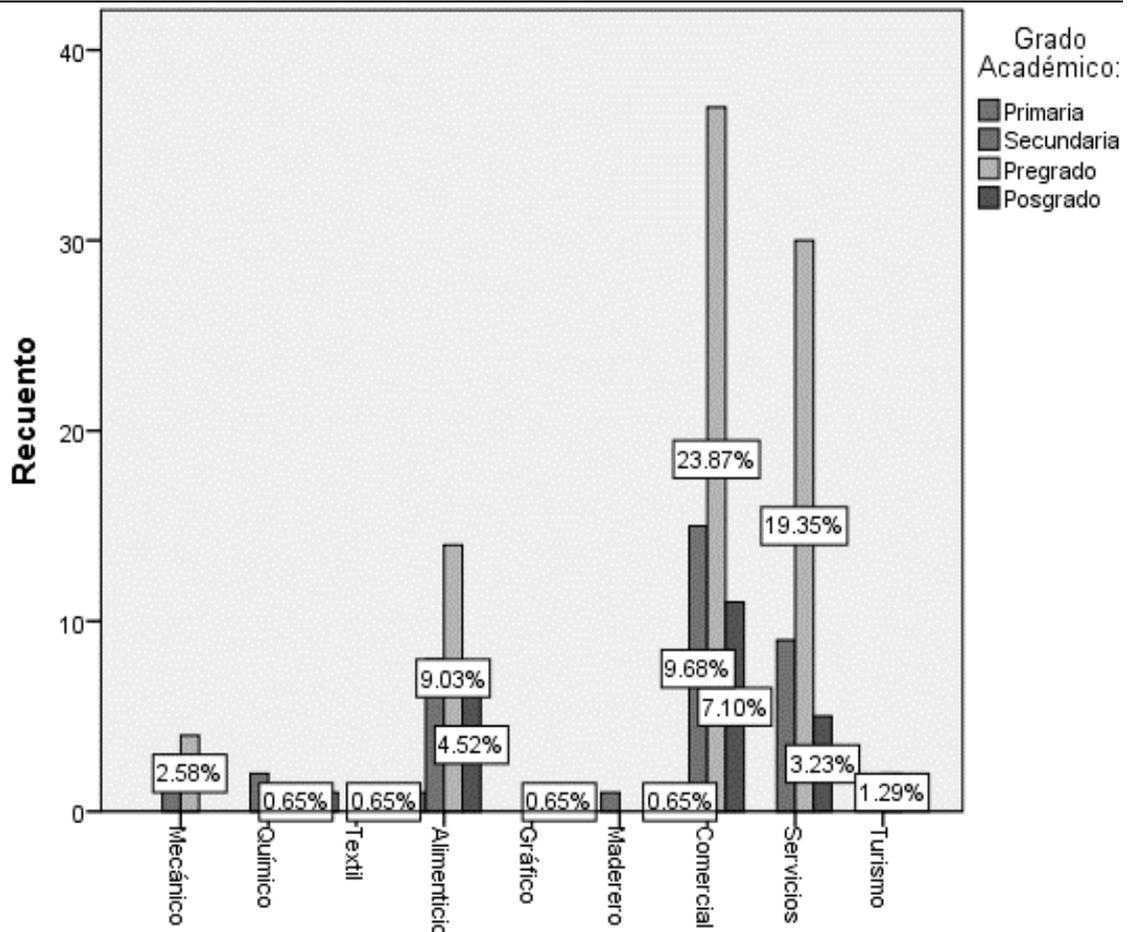


Figura 2. Cruce de variables grado académico con sector productivo

Nota: Este cruce muestra claramente que el sector comercial es dirigido por personal directivo con pregrado, igual el sector servicios y también en el sector alimenticio, comercial y servicios se muestra como son manejados por personal con Maestrías y posiblemente hasta doctorados.

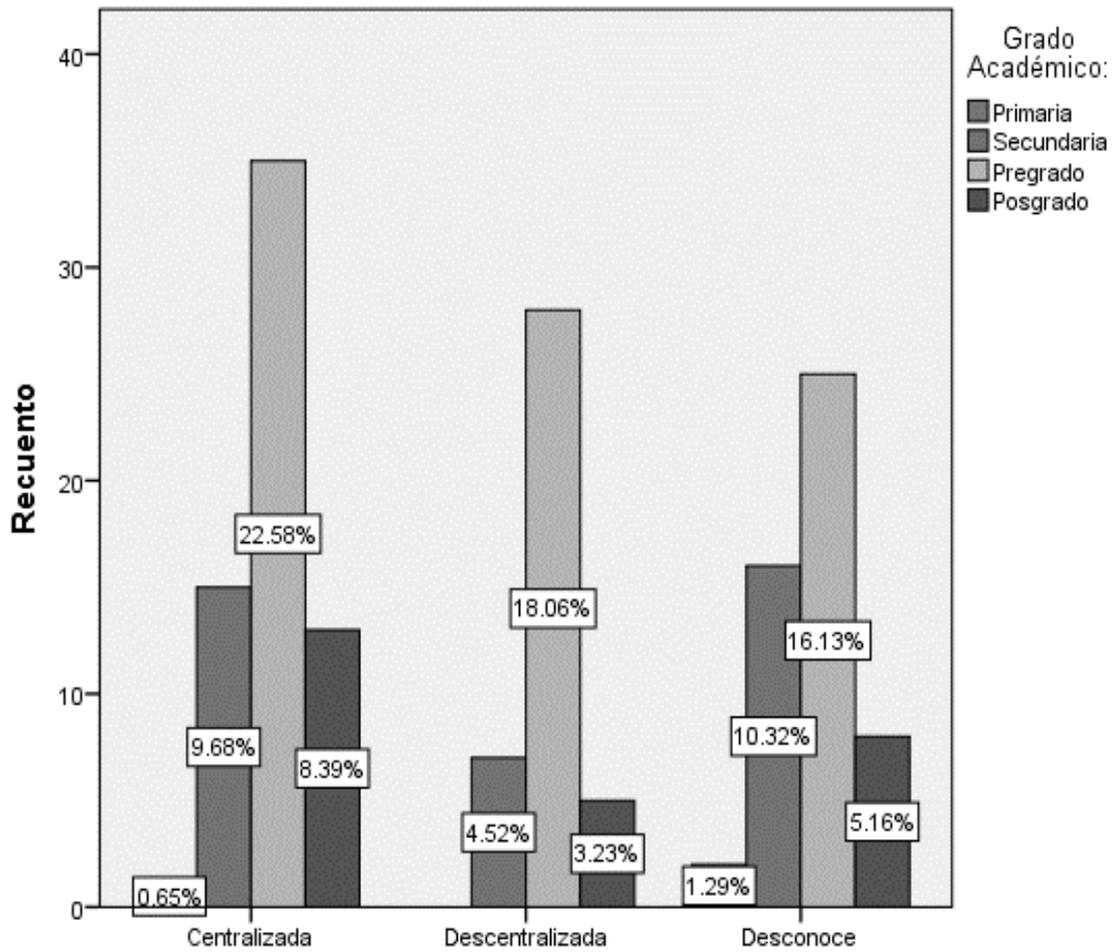


Figura 3. Cruce de variables grado académico con el tipo de empresa

Nota: La importancia de este cruce radica, como en las empresas que dicen desconocer su grado de centralización y descentralización es alto en el área de pregrado, y secundaria y hasta el mismo doctorado, y como era de esperarse en los que solo habían cursado primaria.

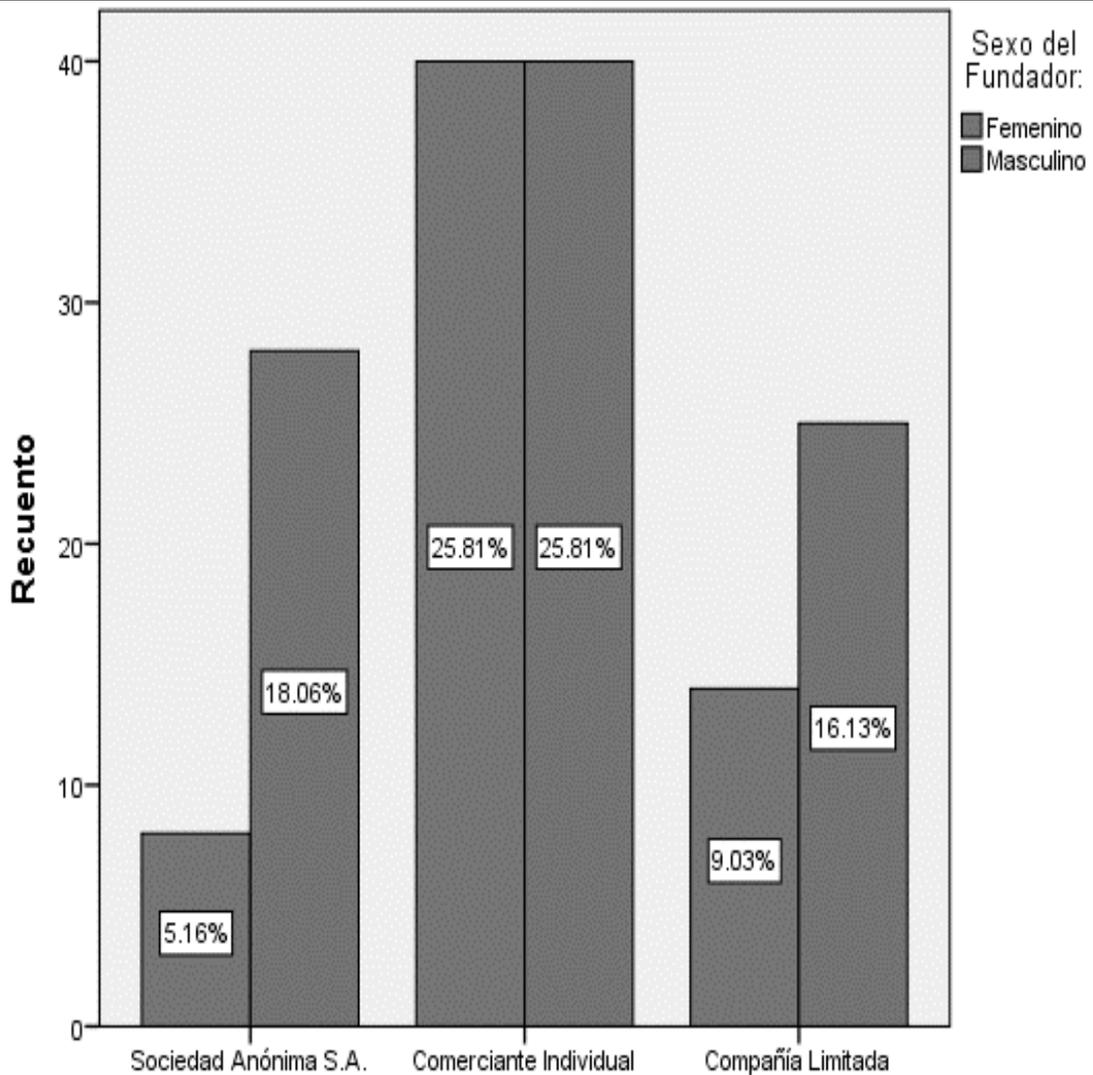


Figura 4. Cruce de variables sexo del fundador con el tipo de organización

Nota: Se encontró que el sexo masculino constituye más Sociedades Anónimas en el sector PYME, igual tendencia se mantienen en el sector Sociedad de Responsabilidad Limitada, lo interesante es que en ambos sexos la tendencia es pareja para ser constituirse como comerciante individual con un 25.81% para ambos sexos.

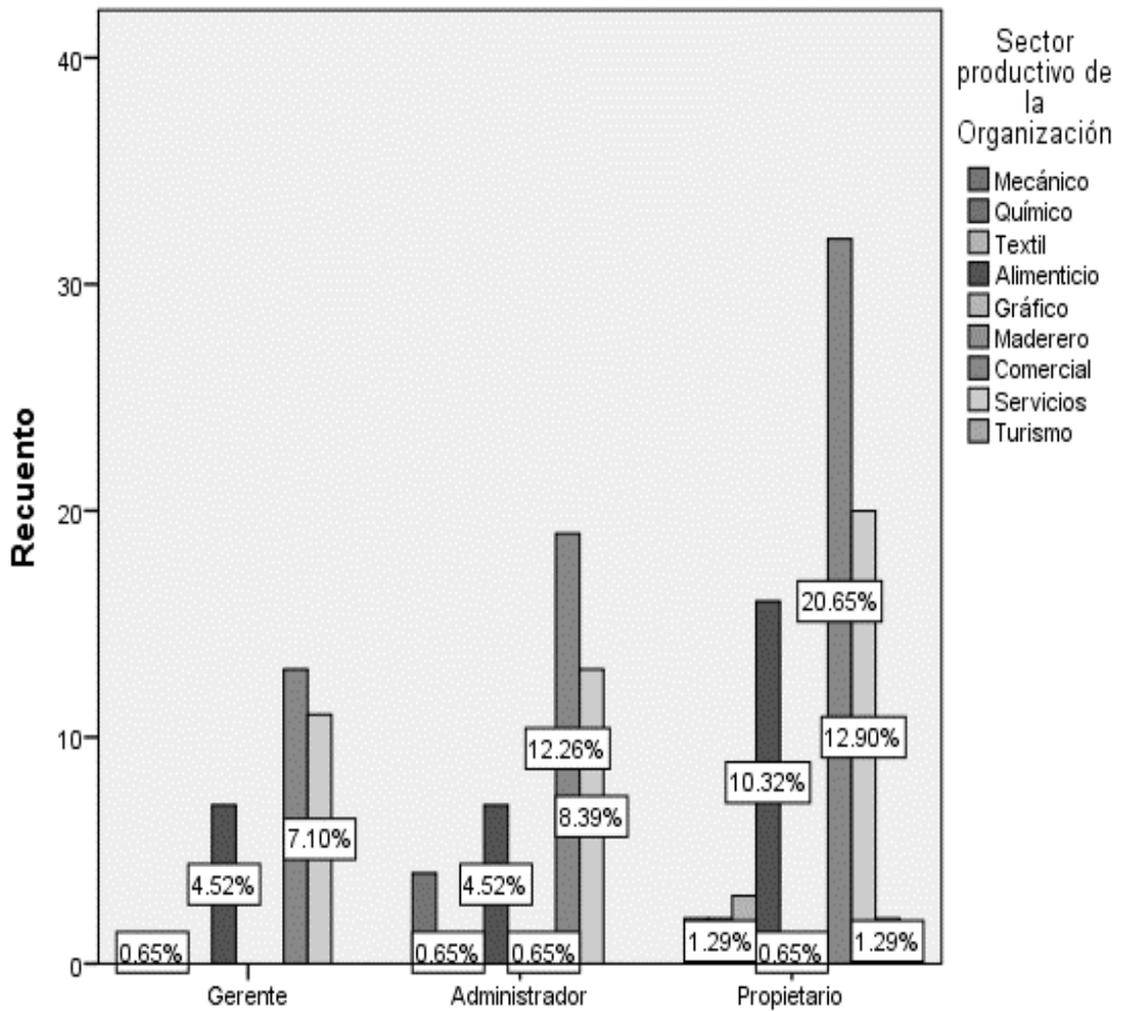


Figura 5. Cruce de variables sector productivo con cargo del entrevistado

Nota: Se encontró que el sector comercial es el más identificado tanto para los gerentes, administradores y propietarios, en segundo lugar, se encontró el sector servicios, y en un tercer lugar se encontró el sector alimenticio, un dato interesante es que un alto porcentaje de las entrevistas fue realizada a los propietarios de las PYMES lo que genera veracidad en la información obtenida.

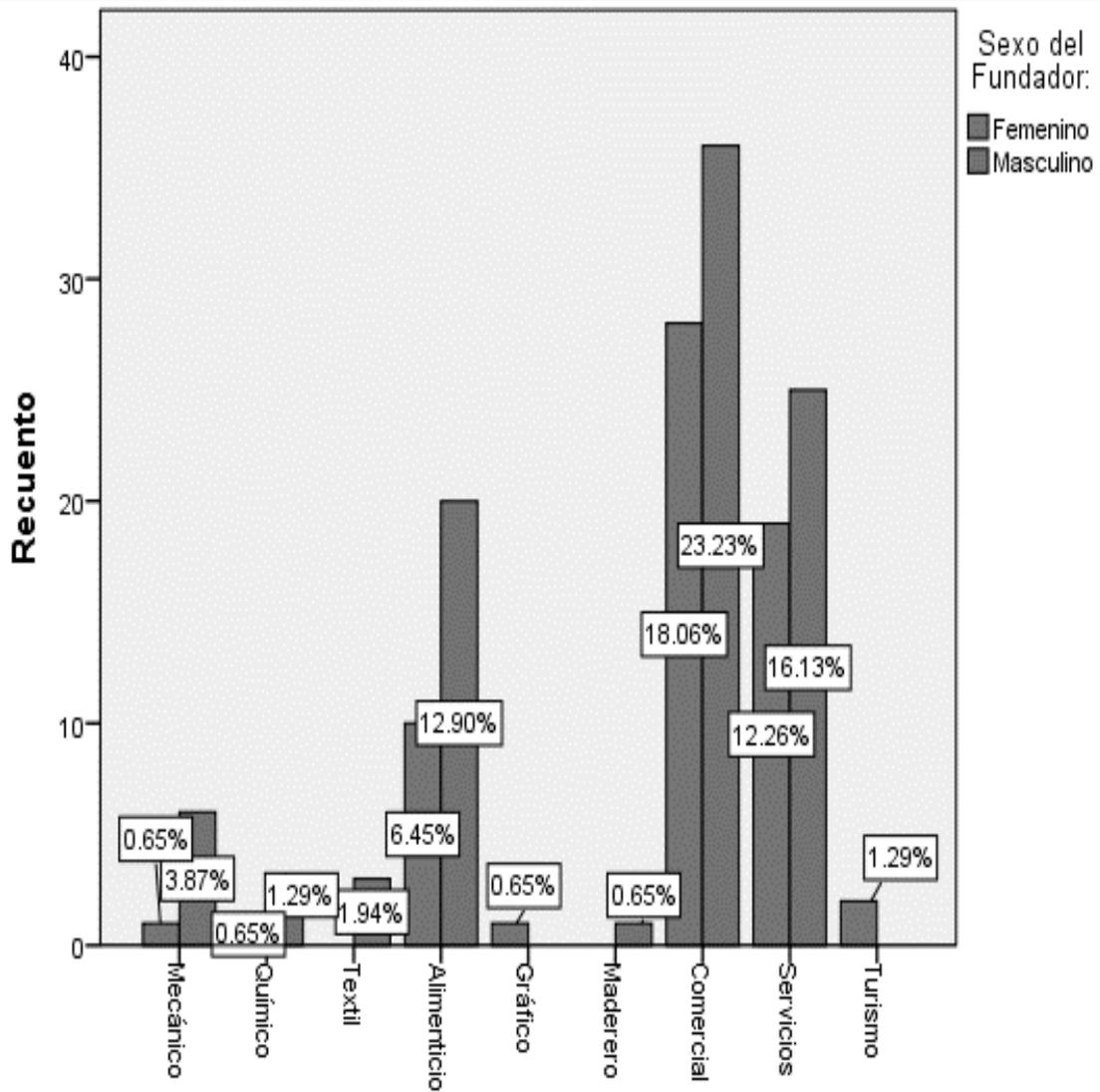


Figura 6. Cruce de variables sexo del fundador con sector productivo

Nota: Se observa como el sector masculino resalta en la fundación de empresas en los diferentes sectores productivos, solamente en el sector químico, diseño gráfico y turismo el sexo del fundador es femenino, pero se observa una participación importante en el sector comercial, alimenticio y en el área de servicios.

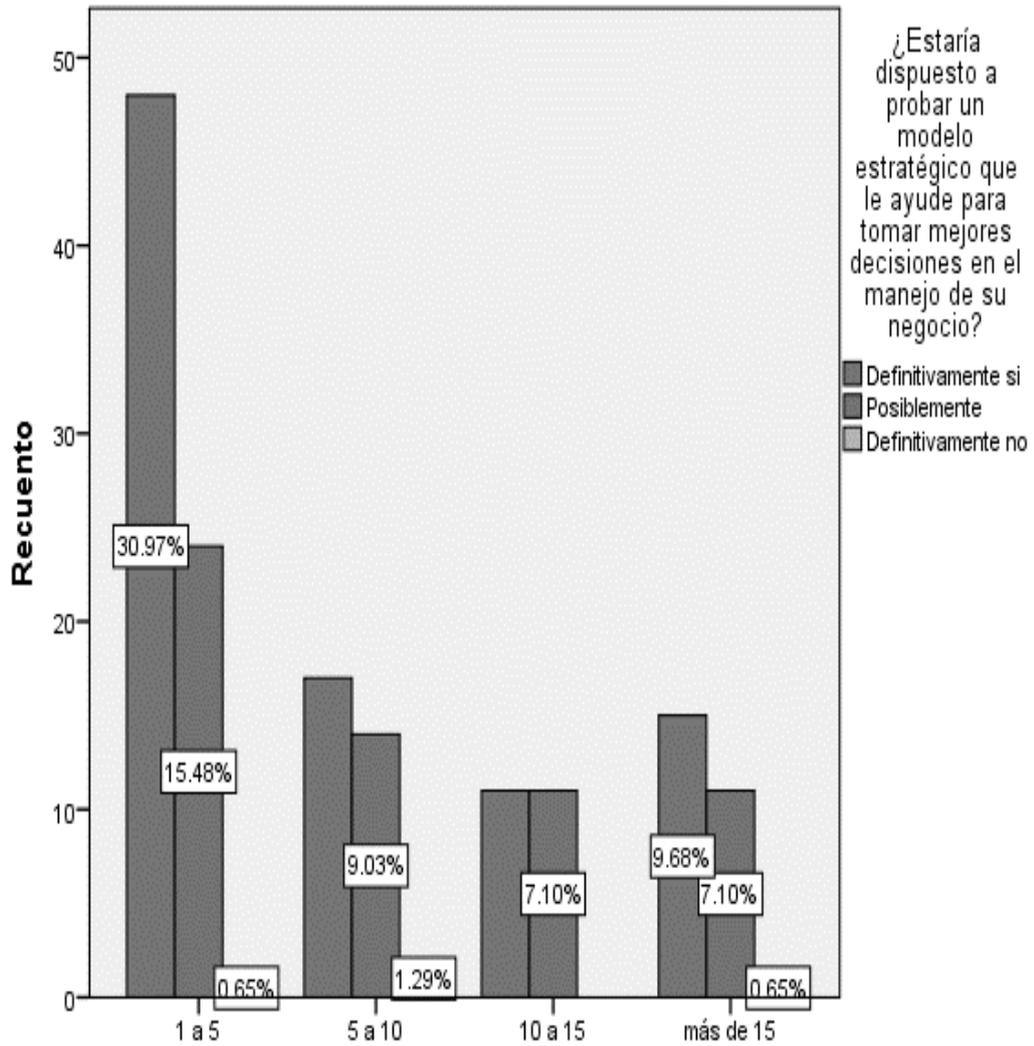


Figura 7. Cruce de variables cantidad de colaboradores, con estaría dispuesto a probar el modelo

Nota: En todas categorías de cantidad de empleados se encontró buena aceptación a probar el modelo, porque lo ven como buena oportunidad de mejora en los procesos gerencias y estratégicos de sus negocios.

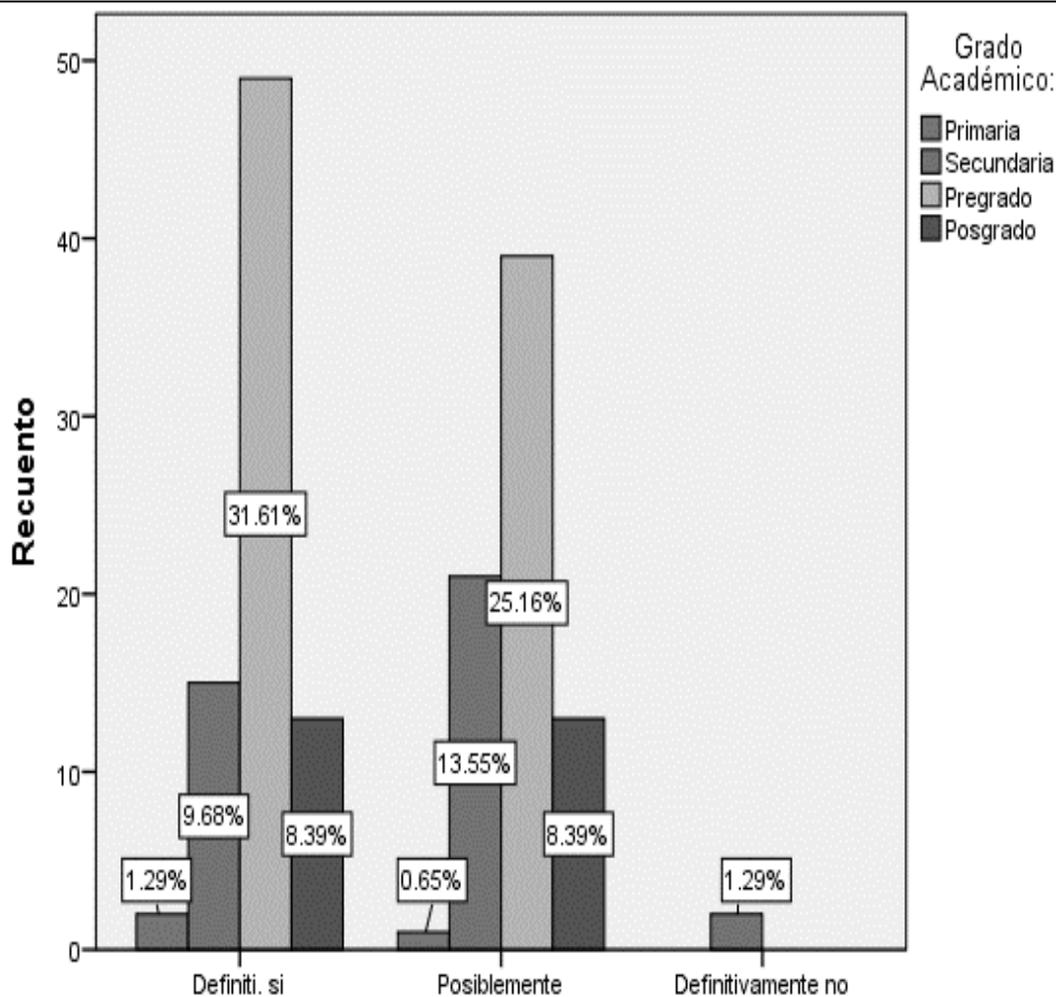


Figura 8. Cruce de variables grado académico con creer que con la ayuda del modelo

Nota: Se observa buena aceptación del modelo en los grados académicos, sin embargo, se observa un leve porcentaje en el grado de secundaria, que creen que definitivamente no les ayudaría, pudiendo ser por la falta de conocimiento académico, pero de ahí se tiene buena perspectiva en todos los grados académicos.

Resultados análisis de los entornos

Hablando del macroentorno, entorno político y económico a criterio de los diferentes administradores de las PYMES sigue la tendencia en determinar que en el contexto hondureño es negativo para las organizaciones, el entorno cultural, se muestra más favorable en relación a los ambientes políticos y económicos, el entorno tecnológico, se muestra favorable a los ambientes políticos y económicos.

El entorno psicográfico y el entorno ambiental a criterio de los administradores PYMES en el contexto hondureño se muestra más favorable en relación a los ambientes políticos y económicos.

En el micro entorno, analizando hacia lo interno de las organizaciones, en la variable planeación y administración los encargados consideran tener fortalezas en el manejo administrativo lo que se considera positivo, en la variable control no tienen una tendencia hacia lo positivo o lo negativo se puede decir que están iguales en cuanto a sus fortalezas

como debilidades, en la variable marketing, tienen una tendencia negativa lo que se considera débil en casi todas las variables en estudio, especialmente en el área de investigación.

En la variable Recursos Humanos, tienen una tendencia negativa lo que se considera débil en casi todas las variables en estudio, en la variable capacidades técnicas y Tecnológicas, tienen una tendencia negativa considerado débil en casi todas las variables en estudio.

En cuanto al poder de negociación de los proveedores, consideran que existe un riesgo moderado que los proveedores puedan afectarles con diferentes acciones; en cuanto al poder de negociación de los compradores ya sea para canales B2B o B2C, consideran que existe un riesgo bajo, representa que los compradores no tienen tanto poder decisión.

El poder de productos sustitutos a criterio de los encargados, consideran que existe un riesgo alto, lo que representa que sí existe un riesgo de que un cliente cambie el producto de ellos por alguno similar al de la competencia. En cuanto al ingreso de nuevos competidores consideran que existe un riesgo alto, debido a la gran cantidad de competencia que se desarrolla en el mercado competitivo capitalino.

Evaluando la fuerza de competidores actuales de las PYMES, según su criterio consideran que existe un riesgo alto, debido a la gran cantidad de competencia que se desarrolla en el mercado competitivo capitalino.

Para efectos de tener un mejor criterio para este trabajo de investigación, se realizó propuestas de matrices estratégicas para la PYME, Innovación Creativa, empresa dedicada a la elaboración de sellos e impresión digital en Tegucigalpa, teniendo los siguientes resultados: Propuesta de matrices estrategias de Marketing para la empresa Innovación Creativa

Tabla 1

Análisis de Macro Entorno. Oportunidades identificadas para la empresa Innovación Creativa

| NIVEL | OPORTUNIDADES | IMPACTO | | | | PROBABILIDAD | | | | TENDENCIA | | | PUNTOS | CALIFICACIÓN | | | JUSTIFICACIÓN | ESTRATEGIA DE APROVECHAMIENTO |
|-----------|---|---------|---|---|---|--------------|---|---|---|-----------|---|----|--------|--------------|---|---|--|-------------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | | A | B | C | | |
| Económico | Regulaciones comerciales | | | 4 | | | | 4 | | 1 | | 16 | | B | | Disposición del gobierno en la apertura comercial | | |
| | Aumentos salariales | | | 4 | | | | 4 | | 2 | | 32 | | C | | cada año se revisa el aumento a los salarios | Oportunidad de los clientes en aumentar sus ingresos lo | |
| | Costos de materias primas | | | 4 | | | | 4 | | 2 | | 32 | | C | | reducción de algunas materias primas | Identificar las oportunidades de negociar | |
| | Aumento generalizado de precios (Inflación) | | 3 | | | | 2 | | | | 2 | 12 | | B | | existe poco crecimiento inflacionario | | |
| | Tasa de interés para préstamo | | 3 | | | | | 3 | | | 2 | 18 | | C | | baja en las tasas de interés para capital de | Aprovechar el incentivo de los bancos para capital de | |
| | Inversión del gobierno en el sector PYME | | | | 4 | | | | 4 | | | 3 | 48 | | C | Propuestas de apoyo a la PYME | Identificar las actividades del gobierno para capital de | |
| | Acceso a préstamos | | | | 4 | | | | 4 | | 2 | | 32 | | C | por medio del banco estatal se promueve el | Identificar programas gubernamentales para | |

Nota: Por temas de espacio solo se muestra la estructura, pero el análisis de oportunidades es mucho más amplio, utilizando categorías de las letras A, B y C, siendo la letra C, la oportunidad más desafiante. Fuente: Autoría propia adaptado de (Ramos, 2004, Pág. 122)

Tabla 2

Oportunidades identificadas para la empresa Innovación Creativa

| NIVEL | OPORTUNIDADES | IMPACTO | | | | PROBABILIDAD | | | | TENDENCIA | | | PUNTOS | CALIFICACIÓN | | | JUSTIFICACIÓN | ESTRATEGIA DE APROVECHAMIENTO |
|-------------------------|---|-----------|--------------|----------------|----------------|--------------|--------------|-----------|---------------|--------------|--------------|-----------------|--------|--------------|---|---|---|-------------------------------|
| | | 1 LEVE | 2 MEDIADO | 3 FAVORABLE | 4 MUY FAVOR | 1 LEVE | 2 MEDIANA | 3 ALTA | 4 MUY ALTA | 1 DECRECE | 2 ESTABLE | 3 INCREMENTA | | A | B | C | | |
| Político - legal | Credibilidad internacional | | | | 4 | | | 3 | | | 2 | 24 | | | C | Aparente buen manejo por parte del gobierno | Crear alianzas con distribuidores en el exterior | |
| | Programas de apoyo gubernamental | | | | 4 | | | 2 | | | 3 | 24 | | | C | Programas de apoyo a la PYME | Identificar y monitorear programas eventuales por parte del gobierno | |
| | Credibilidad legal o protección legal de la empresa | | | | 4 | | | 3 | | | 3 | 36 | | | C | Entes encargados del cumplimiento legal empresarial | Legalizar por completo la estructura de marca de la empresa | |
| | Leyes de seguridad social | | | | 4 | | | | 4 | | 3 | 48 | | | C | Diversos medios de protección social | legalizar la estructura de seguridad social empresarial | |
| | Leyes de propiedad intelectual | | | | 4 | | | | 4 | | 2 | 32 | | | C | Entes encargados de Propiedad intelectual | Legalizar nombre, marca, logo por protección de patentes | |
| | Leyes de promoción y competitividad | | | | 4 | | | | 4 | | 2 | 32 | | | C | Aparente vigilancia en temas de competitividad | Supervisar las leyes y prohibiciones en las principales leyes de competitividad | |

Nota: Por temas de espacio solo se muestra la estructura, pero el análisis de oportunidades es mucho más amplio, utilizando categorías de las letras A, B y C, siendo la letra C, la oportunidad más desafiante. Fuente: Autoría propia adaptado de (Ramos, 2004, Pág. 122)

Tabla 3

Amenazas identificadas para la empresa Innovación Creativa

| NIVEL | AMENAZAS | IMPACTO | | | | PROBABILIDAD | | | | TENDENCIA | | | CALIFICACIÓN | | | JUSTIFICACIÓN | ESTRATEGIA DE BLOQUEO |
|--|-------------------------------------|---------|---|---|---|--------------|---|---|---|-----------|----|----|--|--|--|---------------|-----------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | A | B | C | | |
| Político - legal | Inestabilidad política | | | 4 | | | | 4 | | | 3 | 48 | C | En Honduras se vive tensión política en los últimos años | Monitoreo constante de las decisiones políticas para realizar planes B | | |
| | Incertidumbre electoral | | | 4 | | | | 4 | | | 3 | 48 | C | Este año es de crear estructura políticas | Realizar campañas de educación electoral con marketing interno | | |
| | Decisiones políticas en el comercio | | | 4 | | | | 4 | | | 3 | 48 | C | No han sido acertadas las decisiones en torno a lo político | identificar leyes que puedan perjudicar los actos de comercio | | |
| | Leyes tributarias | | | 3 | | | 2 | | | | 2 | 12 | B | Ha existido incremento en el pago de los tributos | | | |
| | Déficit Fiscal | | | 3 | | | | 3 | | | 3 | 27 | C | Cada año el gobierno invierte menos en el emprendedurismo | Gestionar estrategias de ahorro interno para disminuir costos ante el incremento de bienes | | |
| | Deuda política | | | 4 | | | | 4 | | | 3 | 48 | C | Los partidos políticos cada año exigen mayores ingresos | Incentivar cultura de ahorro operativa y en la producción de bienes | | |
| | Régimen político | | | 4 | | | 2 | | | | 2 | 16 | B | Existe incertidumbre entorno al continuismo del actual presidente | | | |
| | Nivel de corrupción | | | 4 | | | | 4 | | | 3 | 48 | C | Los niveles de corrupción aumenta cada año en Honduras | Incentivar campañas en redes sociales para evitar el mal manejo de fondos del gobierno | | |
| | Oposición al gobierno | | | 4 | | | | 4 | | | 3 | 48 | C | Cada año aumenta la oposición del gobierno que genera incertidumbre | Monitorear los acontecimientos que se generan en manera de protestas | | |
| | Afiliación política | | | 4 | | | 3 | | | | 1 | 12 | B | Se ha incrementado la participación de nuevos partidos políticos | | | |
| Falta de programas sociales | | | 4 | | | | 3 | | | 2 | 24 | C | El gobierno no ha invertido en programas sociales | Desarrollar campañas para donar viveres y de apoyo a aspectos sociales | | | |
| Fuerte lucha por el poder del gobierno | | | 4 | | | | 4 | | | 3 | 48 | C | Conflictos internos generan pleitos por el poder, genera incertidumbre | Monitoreo constante de protestas por actos políticos | | | |

Nota: Por temas de espacio solo se muestra la estructura, pero el análisis de oportunidades es mucho más amplio, utilizando categorías de las letras A, B y C, siendo la letra C, la amenaza más desafiante. Fuente: Autoría propia adaptado de (Ramos, 2004, Pág. 120)

Tabla 4

Amenazas identificadas para la empresa Innovación Creativa

| NIVEL | AMENAZAS | IMPACTO | | | | PROBABILIDAD | | | | TENDENCIA | | | CALIFICACIÓN | | | JUSTIFICACIÓN | ESTRATEGIA DE BLOQUEO |
|-----------|--------------------------------|--------------------------|---|-----------|-------------------------|--------------|----------|--------------------|---|------------|---|----|--------------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | PUNTOS | A | B | | |
| | | LEVE MEDIANO GRAVE | | MUY GRAVE | LEVE MEDIANA ALTA | | MUY ALTA | DECRECE ESTABLE | | INCREMENTA | | | | | | | |
| Económico | Pago de impuestos | | | 3 | | | 3 | | | 2 | | 18 | | | C | Peligro al aumento del pago de tributos en condiciones sin inversión | Reestructura el sistema de ingresos y egresos para verificar el control correcto del pago |
| | Devaluación de la moneda | | | | | 4 | | | | 3 | | 36 | | | C | La compra de materiales y materia prima se encarece | Generar alianzas estratégicas con proveedores en el extranjero |
| | Desempleo | | | | | | 4 | | | 4 | | 48 | | | C | Al no haber inversión se cierran negocios lo que genera desempleo | incentivar programas sociales para incentivar a ser emprendedores |
| | Operar sin trabas del gobierno | | 1 | | | | | | | 3 | | 9 | | | A | Los gobiernos cada vez mas no facilitan la incersion de nuevos negocios | |
| | Baja en el poder adquisitivo | | | | 3 | | | 3 | | | 2 | | 18 | | C | Al no contar con empleo las personas no pueden comprar lo necesario | Generar estrategias de reducción de costos, para bajar el precio de los productos |

Nota: Por temas de espacio solo se muestra la estructura, pero el análisis de oportunidades es mucho más amplio, utilizando categorías de las letras A, B y C, siendo la letra C, la amenaza más desafiante. Fuente: Autoría propia adaptado de (Ramos, 2004, Pág. 120)

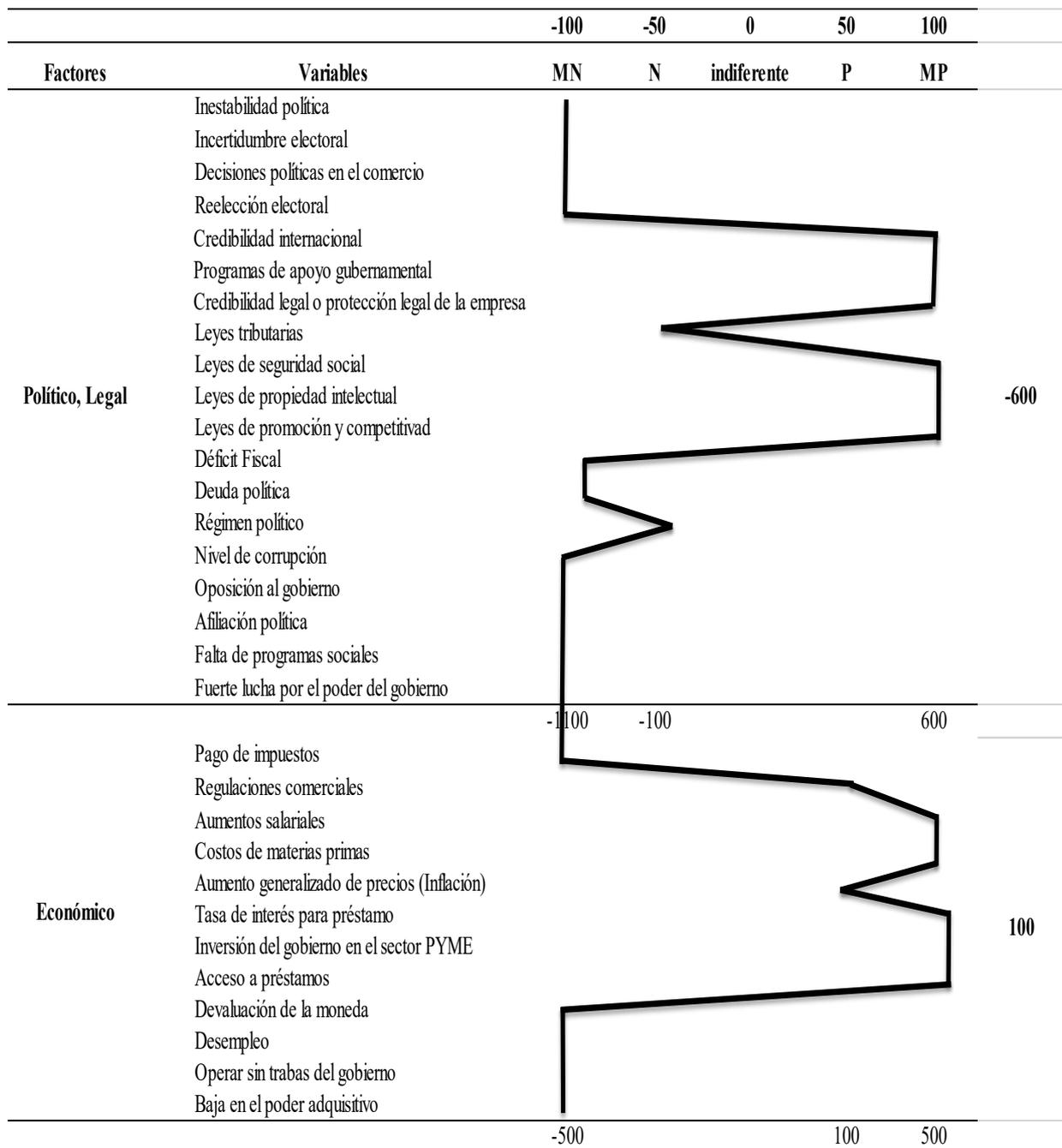
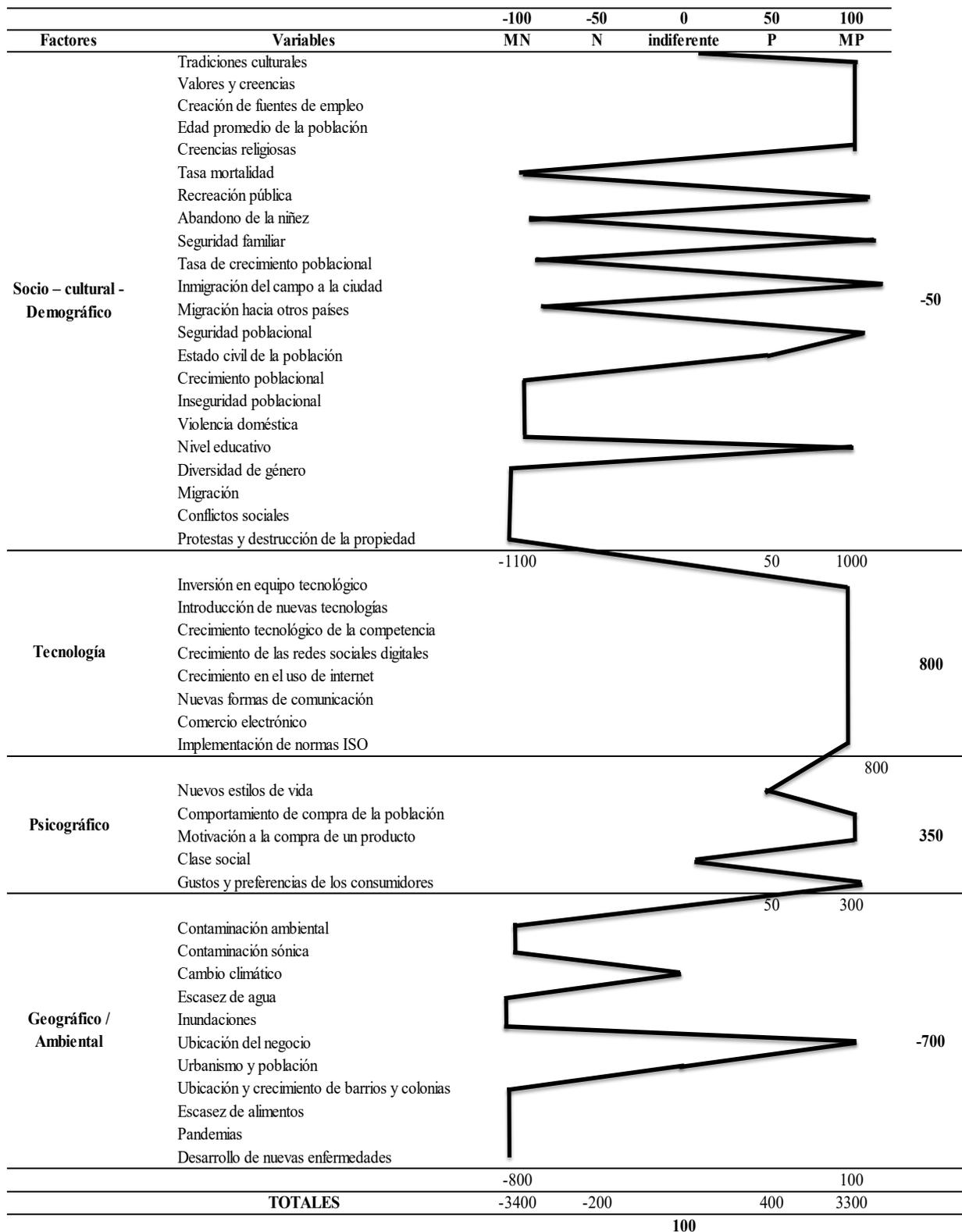


Figura 9. Matriz PESTEL, oportunidades y amenazas por categorías

Nota: El origen del análisis PEST se remonta a 1968 con la publicación de un ensayo sobre marketing titulado "Análisis macro-ambiental en gestión estratégica" este modelo fue modificado para tener indicadores medibles como positivos y negativos, siendo alimentado por las matrices de oportunidades y amenazas de las tablas 1 y 2 como métodos para medir el macroentorno empresarial, la idea de los indicadores es poder medir en que niveles se tienen más oportunidades o más amenazas para poder generar estrategias competitivas. Fuente: Autoría propia con datos del instrumento aplicado, adaptado de los teóricos Liam Fahey y V. K. Narayana



100

Figura 10. Continuación Matriz PESTEL oportunidades y amenazas por categorías

Nota: Continuación del análisis PESTEL. Fuente: Autoría propia con datos del instrumento aplicado, adaptado de los teóricos Liam Fahey y V. K. Naraya

Tabla 5

Matriz 5 fuerzas de Porter como análisis del Microentorno. Rivalidad entre competidores de la empresa

| | Valoración | PROMEDIO |
|--|-------------------|-----------------|
| Tendencia a seguir al competidor | 5 | Muy Alto |
| Sus competidores son bastantes equilibrados | 5 | Muy Alto |
| Existe crecimiento lento del sector industrial | 3 | moderado |
| Existe similitud en los productos y servicios ofertados por su competencia | 5 | Muy Alto |
| Incrementos de la capacidad instalada | 5 | Muy Alto |
| Existe diversidad de estrategias competitivas | 4 | alto |
| Rivalidad entre competidores es: | 5 | Muy Alto |

Nota: Es un modelo estratégico adaptado del ingeniero y profesor Michael Eugene Porter de la Escuela de Negocios Harvard, en el año 1979, se diseñó un sistema de indicadores desde 1 hasta 5 para medir la intensidad de cada una de las fuerzas, y las variables fueron acondicionadas al mercado hondureño, estas matrices son complementos a identificar el micro entorno empresarial. Fuente: Autoría propia con datos del instrumento aplicado.

Tabla 6

Amenaza de entrada de nuevos competidores

| | Valoración | PROMEDIO |
|---|-------------------|-----------------|
| Nivel de contribución del competidor | 5 | Muy Alto |
| Riesgo de la entrada de nuevos competidores | 5 | Muy Alto |
| Nivel de inversión | 5 | Muy Alto |
| Productos poco innovadores | 3 | moderado |
| Acceso a canales de distribución | 3 | moderado |
| Fácil consecución de materias primas | 5 | Muy Alto |
| Facilidad de aprendizaje del manejo del mercado | 5 | Muy Alto |
| El impacto de su competencia es | 3 | moderado |
| La amenaza de entrada de nuevos competidores es: | 4 | alto |

Nota: El indicador 4 demuestra que la empresa tiene fuerte amenaza con la entrada de nuevos competidores. Fuente: Autoría propia con datos del instrumento aplicado.

Tabla 7

Amenaza de productos sustitutos

| | Valoración | PROMEDIO |
|---|-------------------|-----------------|
| Existe presencia de productos sustitutos | 3 | moderado |
| Los productos sustitutos tienen calidad y servicios competitivos. | 2 | bajo |
| Los productos sustitutos tienen precios más bajos. | 3 | moderado |
| Brindan tendencias de mejoramiento en el mercado. | 4 | alto |
| Los competidores ofrecen mejor calidad al mismo precio | 3 | moderado |
| Ofrecen un excelente desempeño al usuario. | 4 | alto |
| La amenaza de productos sustitutos es: | 3 | moderado |

Nota: El indicador 3 demuestra que la empresa moderadamente tiene productos que lo puedan sustituir. Fuente: Autoría propia con datos del instrumento aplicado.

Tabla 8

Poder de negociación del proveedor

| | Valoración | PROMEDIO |
|--|-------------------|-----------------|
| El riesgo de subir precios es | 3 | moderado |
| El riesgo de disminuir la calidad y servicio es: | 1 | Muy bajo |
| El riesgo que cambie las negociaciones es: | 1 | Muy bajo |
| Tener una cartera diversificada de proveedores es: | 3 | moderado |
| Existe el riesgo de tener desabastecimiento de materiales vitales para la producción | 4 | alto |
| El proveedor vende insumos diferenciados | 5 | Muy Alto |
| Su proveedor le genera confianza | 3 | moderado |
| El proveedor facilita hacer alianzas con la competencia | 4 | alto |
| El poder de negociación del proveedor es: | 3 | moderado |

Nota: La influencia que tienen los proveedores es moderado para la empresa Innovación Creativa. Fuente: Autoría propia con datos del instrumento aplicado.

Tabla 9

Poder de negociación del comprador (B2C, B2B)

| | Valoración | PROMEDIO |
|--|-------------------|-----------------|
| Influencia sobre la fijación de precios: | 5 | Muy Alto |
| Exigencia de calidad y servicios a precios constantes. | 5 | Muy Alto |
| Posibilidad de venta de grandes volúmenes. | 2 | bajo |
| Consumen productos estándar no diferenciados. | 3 | moderado |
| Canales de distribución satisfacen las necesidades del negocio | 5 | Muy Alto |
| Poca fidelidad por parte de los consumidores | 3 | moderado |
| El poder de negociación de sus clientes o canales de distribución es: | 4 | alto |

Nota: El poder de los clientes genera un indicador 4 lo que dice que los clientes si tienen influencia en las decisiones del producto y del precio. Fuente: Autoría propia con datos del instrumento aplicado

Tabla 10

Matriz de Debilidades y Fortalezas

| FACTORES CRITICOS POR AREA | NIVEL | | | | | IMPACTO | | | | | TENDENCIA | | | COMBINACIÓN | CLASIFICACIÓN | | | CRITERIOS | | | ESTRATEGIA PROPUESTA |
|--|---------------|----------------|----------|----------------|----------|---------|------|-------|------|----------|-----------|---------|------------|-------------|---------------|-------------|-----------|-------------|---------------------|---|----------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | | DEBILIDAD | INDIFERENTE | FORTALEZA | MATRIZ FODA | PLANES CONTINGENCIA | IGNORAR | |
| Administración y Planeación | El peor / Muy | Por debajo del | PROMEDIO | DE LOS MEJORES | EL MEJOR | NINGUNO | LEVE | MEDIO | ALTO | MUY ALTO | DECRECE | ESTABLE | INCREMENTA | | | | | | | | |
| Cuenta con procesos administrativos definidos | | | | 4 | | | 3 | | | | | 3 | 4 | 3 | 3 | | F | | X | Incentivar la mejora continua | |
| Planifica, se crean planes de manera constante | | | | | 5 | | 3 | | | | | 3 | 5 | 3 | 3 | | F | | X | Monitoreo constante del macro entorno | |
| Toman decisiones planificadas | | | | | 5 | | | 4 | | | | 2 | 5 | 4 | 2 | | F | | X | Planificar a mediano plazo | |
| Tiene planes de contingencia para eventualidades | | | 3 | | | | 3 | | | | | 2 | 3 | 3 | 2 | D | | | X | Planificar para eventualidades | |
| Alcanza los resultados planificados | | | | 4 | | | 2 | | | | | 2 | 4 | 2 | 2 | | F | | X | Monitoreo constante de indicadores de rendimiento | |
| Integrar equipos de trabajo es una tarea diaria | | | | | 5 | | | 4 | | | | 3 | 5 | 4 | 3 | | F | | X | Planificar con los diferentes UEN de la empresa | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---------|---|---|---|
| Cuenta con acceso directo a créditos blandos | 5 | 4 | 2 | 5 4 2 | F | X | Cumplir con los compromisos adquiridos para generar confianza |
| Cumple con los tiempos planificados para una acción determinada | 4 | 3 | 2 | 4 3 2 | F | X | Medir los indicadores de rendimiento por UEN |
| Los valores de la empresa son transmitidos a los colaboradores | 5 | 3 | 2 | 5 3 2 | I | X | Continuar con la mejora en la identidad corporativa |
| Generan planes estratégicos a corto, mediano y largo plazo | 5 | 3 | 2 | 5 3 2 | I | X | Se considera que han cumplido en la planificación |
| La organización toma decisiones de manera efectiva | 5 | 3 | 2 | 5 3 2 | I | X | Socializar los procesos con todas las UEN |
| Cuenta con liderazgo administrativo | 5 | 3 | 2 | 5 3 2 | I | X | En la toma de decisiones generar consenso con las UEN |
| Cuenta con incentivos que motiven al personal | 2 | 4 | 2 | 2 3 2 D | | X | Mejorar las negociaciones y premios para incentivar al personal |
| Percibe capacidad de comunicación | 5 | 4 | 2 | 5 3 2 | I | X | Mejorar los flujos de comunicación continua en la empresa |

| | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| Constata un estilo de dirección establecido | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | I | X | Identificar una cultura corporativa relevante |
| Las decisiones se toman de manera jerárquica | 5 | 3 | 2 | 5 | 3 | 2 | I | X | Identificar líderes por UEN para mejoras continuas |
| Percibe buena coordinación de las actividades | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | I | X | Planificar planes por UEN para cumplimiento estratégico |
| Constata comunicación fluida entre departamentos | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | I | X | Diseñar planes de marketing interno como mejora continua |

Nota: Esta matriz fue adaptada de (Ramos, 2004, Pág. 128) y se amarra con las matrices de las 5 fuerzas de Porter, para hacer un análisis complementario del Microentorno competitivo, analizando las debilidades y fortalezas que las PYMES que en particular puedan presentar. Fuente: Autoría propia con datos del instrumento aplicado

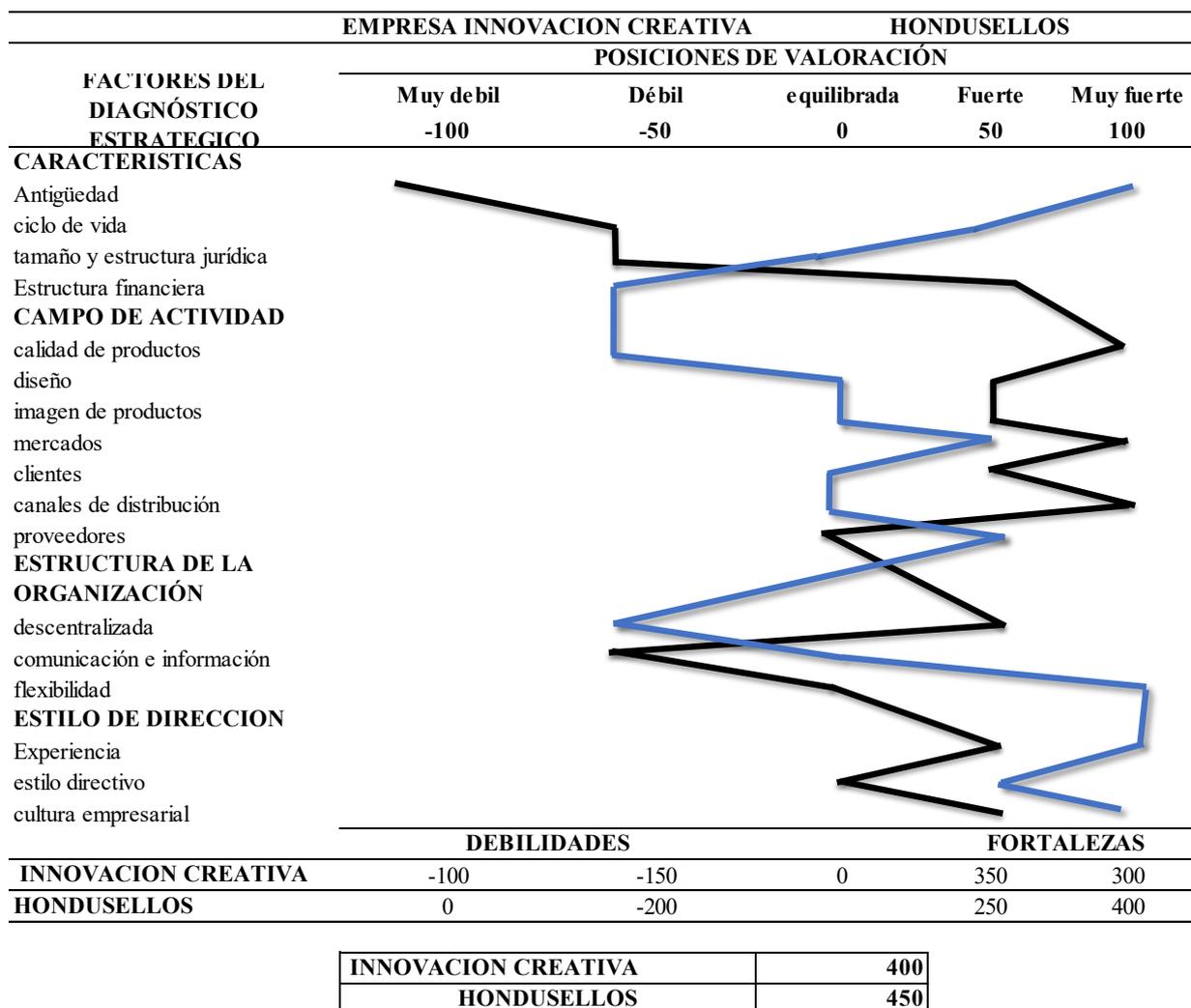


Figura 11. Matriz de perfil estratégico interno

Nota: Este modelo fue adaptado de (David, 2003, Pág. 180) se hizo integración de indicadores para categorizar variables Muy débiles hasta muy fuertes, este modelo es alimentado de las matrices de las 5 fuerzas de Porter y de la matriz de debilidades y fortalezas, haciendo comparación con competencia más cercana para tener un criterio competitivo más fuerte de acuerdo a las fortalezas y debilidades hacia lo interno que pueda presentar las empresas. Fuente: Autoría propia con datos del instrumento aplicado a la empresa Innovación Creativa de Tegucigalpa y a la empresa Hondusellos como principal competencia.

Tabla 11

Modelo del Plan de acción Innovación Creativa

| Justificación | Estrategia de las matrices | Corto, medio, Largo | Estrategia prevista | Acciones a realizar | Tiempo | Lugar | UEN Responsable | Presupuesto | Medida de Control y seguimiento |
|--|---|--|---|---|---------|-----------------------------------|----------------------------|-------------|---|
| POLITICO LEGAL | | | | | | | | | |
| Bloqueo, Aprovechamiento, contingencia | | | | | | | | | |
| APROVECHAMIENTO | | | | | | | | | |
| Objetivo Smart | | | | | | | | | |
| Credibilidad internacional | Crear alianzas con distribuidores en el exterior | Desarrollar un plan de exportación para los próximos 3 años, con los países fronterizos, exportando el 5% de nuestra producción | Desarrollo de Mercados | Verificar los requerimientos legales de cada los países destino. Investigar la oferta y demanda. Investigar gustos y preferencias. Investigar competencia, y hacer contactos con los principales distribuidores | 3 años | Guatemala, El Salvador, Nicaragua | DEPTO. MKT, FINANZAS | \$5000 | Informes semestrales de seguimiento en el mercado destino |
| TECNOLOGICO | | | | | | | | | |
| BLOQUEO | | | | | | | | | |
| A CORTO PLAZO | | | | | | | | | |
| Comercio electrónico | Desarrollar planes para redes sociales | Implementar estrategias para Facebook e Instagram del 1 al 24 de diciembre de 2020 dirigido al mercado juvenil, para alcanzar un 20% de engagement | Mix Promocional Ofrecer descuento del 10% para las compras via facebook e instagram | Realizar post promocionales 1 vez por semana, diseñar publicaciones interactivas, | 24 días | Tegucigalpa | DEPTO. MKT REDES DIGITALES | L5,000.00 | Metricas de facebook e Instagram y el volumen de ventas |
| APROVECHAMIENTO | | | | | | | | | |
| MEDIANO PLAZO | | | | | | | | | |
| Comercio electrónico | Desarrollar planes para redes sociales | Implementar estrategias para Facebook e Instagram del 1 al 24 de diciembre dirigido al mercado juvenil, para alcanzar un 20% de engagement | Mix Promocional Ofrecer descuento del 10% para las compras via facebook e instagram | Realizar post promocionales 1 vez por semana, diseñar publicaciones interactivas, | 24 días | Tegucigalpa | DEPTO. MKT REDES DIGITALES | L5,000.00 | Metricas de facebook e Instagram y el volumen de ventas |
| RECURSOS HUMANOS | | | | | | | | | |
| DEBILIDAD | | | | | | | | | |
| MEDIANO PLAZO | | | | | | | | | |
| Cuenta con procesos de planeación de los RRHH bien definidos | Estructurar planes de marketing interno | Desarrollar un pla de marketing interno, para mejorar el proceso de percepción en los colaboradores para aplicarse en el año 2021 | Motivaciones y compensaciones | Realizar estudios de percepción interna de manera semestral | 2 años | Tegucigalpa | RRHH y Marketing | L5,000.00 | Mejora en el rendimiento de los colaboradores |

Nota: Esta matriz es alimentada de todas las matrices antes expuesta, la idea es tener un resumen sintetizado y categorizado para una tener una visión amplia del entorno competitivo y las diferentes acciones que se llevarán a cabo tanto a corto, mediano y largo plazo. Fuente: Autoría propia con datos del conjunto de matrices estratégicas.

Conclusiones

Las PYMES tienen varios argumentos que les afectan en el avance de sus actividades, en aspectos relacionados al marketing o la administración de las mismas, a pesar de ser objeto de muchos estudios dentro del ámbito socio económico. Sin embargo, las personas que desean iniciar un negocio miran a las PYMES como un elemento de emprendimiento que les posibilitara comenzar su camino empresarial, a través del cual su talento puede ser evidenciado si su negocio llega a consolidarse como una empresa que provea de servicios y/o productos para diversos tipos de clientes.

Es viable denotar que este estudio a pesar de tener un carácter netamente mercadológico administrativo, que conjuga elementos asequibles de utilizarse en el trabajo diario de este tipo de empresas, y realiza un análisis desde su origen, sus ventajas, desventajas, evolución, teorías administrativas, etc., hasta llegar a la producción y propuesta de un modelo integrado de matrices estratégicas.

Por otro lado, conforme al diseño de los objetivos de la tesis, se concluye que presentar como propuesto un modelo integrado de matrices si es favorable para las PYMES para poder operar de manera práctica en el sector competitivo donde se encuentren, ya que permite conocer desde los aspectos externos como internos y poder visualizar a futuro aspectos tácticos, operativas y estratégicos.

Conforme a la percepción de los propietarios o encargados de la PYME con relación al sistema de matrices, se tuvo buena apertura a probar el modelo, tomando como base que este proceso adquirirlo es costoso, también se identificó todas aquellas variables internas y externas que pueden resultar como oportunidades, amenazas, debilidades y fortalezas que puedan presentar las PYMES en el entorno general y específico.

Los resultados del estudio se determinaron que se aprueba la hipótesis de trabajo porque si es factible el diseño de un sistema integrado de matrices estratégicas, por lo cual se rechaza la hipótesis nula

La investigación realizada por este trabajo doctoral describió aspectos muy relevantes de la PYME en Tegucigalpa, Honduras, describiendo todas aquellas variables desde procesos administrativos hasta procesos operativos, utilizando e innovando matrices que darán mucho aporte al conocimiento y valor concentrado en los mercados competitivos.

Dentro de los principales hallazgos se tuvo que las empresas enfrentan muchas amenazas a nivel político, económico, social, cultura, psicográfico que fueron las que encontraron en el instrumento aplicado a 155 PYMES y tuvo concordancia con el modelo aplicado a la empresa en estudio, a su vez las empresas tienen el compromiso de aprovechar muchas oportunidades que el mismo macro entorno puede generar, auxiliándose de la herramienta llamada PESTEL se puede tener un panorama más claro en que ambientes se debe tener cuidado y en que otros se puede aprovechar.

El estudio del entorno específico o interno, identificó que en promedio las PYMES tienen mayores debilidades en relación a sus fortalezas que esto debido a lo complejo que son en su funcionamiento especialmente con la obtención de capital de trabajo, conocimiento técnico y todas aquellas variables como ser proveedores, competencia y cliente, para el complemento del análisis interno se auxilió de la herramienta 5 fuerzas de Porter, y se diseñó una matriz para valorar las debilidades y fortalezas establecidas.

Las PYMES al no contar en su mayoría con innovación y desarrollo ven con buenos ojos que estas matrices estratégicas puedan apoyarles de manera significativa a mejorar los procesos,

especialmente en el área de marketing y en los procesos administrativos, que al final resalta en la generación de mejores ingresos, contratación de más personal, lo que combate el desempleo y por ende aporta mejoras en la sociedad.

Por estas razones, fue evidente la satisfacción de la PYME que proporcionaron sus datos en el momento de ejecutar las simulaciones respectivas utilizando el modelo integrado de matrices estratégicas. Con lo cual, esta empresa conoce con anterioridad sus posibles resultados, si siguen administradas de la misma manera como lo hacen actualmente y no ejecutan cambios en sus formas o técnicas de administrar y controlar sus actividades.

Tomando en cuenta lo anterior, una de las alternativas de las PYMES es buscar la manera de incrementar su competitividad y responder a los ambientes de negocios que se les presentan en el día a día en relación a su competencia, a los productos sustitutos que están presentes y, en relación a la pérdida de clientes. Las PYMES, acorde a lo encontrado en este trabajo realizado, deben efectuar cambios, los mismos que les ayudarán a ser competitivos en cada uno de los sectores en donde desarrollan sus labores diarias y podrán permanecer en el tiempo, a pesar de factores externos que en la actualidad les están afectando y factores internos que pueden pasar factura si no se toman medidas de control interesante a corto, mediano y largo plazo.

Con el modelo completo de matrices que en total consta de 8 matrices estratégicas, adaptadas, creadas e innovadas, ya se puede planificar a corto, mediano y largo, plazo utilizando un plan de acción dinámico, fácil de asimilar y que pueda brindar un panorama crítico a la forma de competir en todos los aspectos, el plan de acción ayudará a determinar que estrategias son las más adecuadas dependiendo de lo que se encuentre en los diferentes entornos ya sea internos o externos.

Dentro de las principales limitaciones a las cuales se tuvo durante el estudio se tienen las siguientes:

- La poca confianza que tienen las PYME en Tegucigalpa en proporcionar datos para poder generar información, tanto para las entrevistas, y para el llenado del instrumento.
- Lamentablemente en el año 2020 el mundo entero estuvo en pandemia, en el caso de Honduras, se estuvo en confinamiento desde marzo, lo que dificultó el acceso a entrevistas y poder solicitar reuniones para el llenado del instrumento, por lo que se procedió a realizar entrevistas por video llamada, y el cuestionario de manera virtual.

Cabe recalcar que la PYME en Tegucigalpa es el principal promotor de fuentes de empleo, lastimosamente son poco apoyadas y estimuladas por el sector gobierno para poder generar más empleo, pago de impuesto y competencia sana a nivel general, especialmente en el sector turismo, servicios y manufactura en general.

En cuanto a las recomendaciones, se hace hincapié en que las PYMES en Tegucigalpa, pongan en práctica este modelo integrado de matrices, para que puedan planificar de manera estratégica, de manera ordenada, planificada y ante todo con visión en los aspectos que quieren mejorar día a día, en todos los niveles.

Por otro lado, se sugiere dar seguimiento a los resultados de esta tesis doctoral, con el fin de seguir identificando variables tanto del sector externo como interno, así como de posibles mejoras e innovaciones al sistema de matrices

También se sugiere realizar más investigaciones en torno a la PYME no solo en Tegucigalpa sino en Honduras, con el fin de potenciar este sector que es tan importante no solo para Honduras sino para el mundo en general.

Referencias

- Amaya, O. A. (2015). Situación de las MIPYMES en Honduras, retos y oportunidades. *Portal De La Ciencia*, 5, 87-97. <https://doi.org/10.5377/pc.v5i0.1855>
- Bartels, R. (1988). *The History of Marketing Thought*, Publishing. <https://www.redalyc.org/pdf/4259/425942516002.pdf>
- Escobar, M., & González, E. (2014). *Las pequeñas y medianas empresas*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4783041>.
- Estrada Sánchez, J., y Vargas-Hernández, J. (2015). El pensamiento estratégico como factor crítico de *Instituto Español de estudios estratégicos*. http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2015/DIEEEO33-2015_PensamientoEstrategico_CompetitividadEmpresarial_VargasxEstrada.pdf
- Guevara, H. W. (2016). *Desarrollo de un modelo de Gestión Empresarial para potencializar el crecimiento de la pequeña y mediana empresa (PYMES) en la región centro norte de Quito, Ecuador*. Funiber.
- Kerkhoff, F. (2012). *Honduras, competitividad de las MIPYMES*. Tegucigalpa.
- Lahiguera, F. G. (1980). Notas en torno al origen y evolución histórica del Marketing. *Esic-Market*, 31, 171-18.
- Munuera, J. L. (1992). *Evolución en las Dimensiones del concepto de Marketing*. Información comercial Española.
- Orueta, I. (2016). www.iimv.org.
- Ramos, V. D. (2004). *Dirección Estratégica*. McGraw Hill.
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGrawHill.

Fecha de recepción: 02/04/2021

Fecha de revisión: 24/05/2021

Fecha de aceptación: 07/05/2021

Cómo citar este artículo:

Orellana Tobar, S. A. & Anaya Hernández, A. (2021). Efecto del compost de *Eichhornia crassipes* en la calidad de plantas en vivero de *Theobroma cacao*. *Project, Design and Management*, 3(1), 73-88. doi: 10.29314/pdm.v3i1.612

EFFECTO DEL COMPOST DE EICHHORNIA CRASSIPES EN LA CALIDAD DE PLANTAS EN VIVERO DE THEOBROMA CACAO

Samuel Alfredo Orellana Tobar

Universidad Internacional Iberoamericana (México)

oretobar2011@hotmail.com

Armando Anaya Hernández

Universidad Internacional Iberoamericana (México)

armando.anaya@unini.edu.mx · <https://orcid.org/0000-0003-3229-0930>

Resumen. El estudio consistió en determinar el efecto del compost de *E. crassipes* en la calidad de las plantas en vivero de *T. cacao*, conocer los porcentajes de compost apropiados para su adición como sustrato y determinar niveles de plomo (Pb), arsénico (As) y mercurio (Hg) en plantas de *E. crassipes*, compost y plantas de *T. cacao*. Se utilizó un diseño completamente al azar, con 5 tratamientos, 5 repeticiones con 48 plantas cada uno, en un período de experimentación de 4.5 meses. Se usó compost de *E. crassipes* en porcentajes de 10%, 20% y 40% mezclados con tierra en 90%, 80% y 60%. Los tratamientos se identificaron como: T₁ (T10:90), T₂ (T20:80), T₃ (T40:60), un tratamiento relativo T₄ (TR, 100% tierra y fertilización química) y un tratamiento testigo T₅ (TT, 100% tierra). Los resultados del ANOVA demuestran que existe diferencia estadística significativa de los tratamientos en la calidad de las plantas de *T. cacao* para el diámetro, Índice de Calidad de Dickson (ICD) y peso seco total. Los T₁, T₂, T₃ y T₄, fueron estadísticamente superiores al tratamiento testigo T₅ (TT). La altura de planta, índice de esbeltez, y relación peso seco aéreo-peso seco radicular, no presentaron diferencia estadística significativa. La traslocación de Pb a plantas de *T. cacao* fue inexistente. Las plantas del T₃ (T40:60), mostraron amarillamiento clorótico y síntomas de enfermedades en los 45 a los 90 días de germinadas. Se recomienda usar porcentajes de compost de *E. crassipes* no mayores al 20%, para plantas de *T. cacao* en vivero.

Palabras clave: compost de *E. crassipes*, Cerrón Grande, calidad de *Theobroma cacao*, metales pesados.

EFFECT OF EICHHORNIA CRASSIPES COMPOST ON THE QUALITY OF THEOBROMA CACAO NURSERY PLANTS

Abstract. The study consisted of determining the effect of *E. crassipes* compost on the quality of *T. cacao* nursery plants, knowing the appropriate compost percentages for its addition as substrate and determining levels of lead (Pb), arsenic (As) and mercury (Hg) in *E. crassipes* plants, compost and *T. cacao* plants. A completely randomized design was used, with 5 treatments, 5 repetitions with 48 plants each, in an experimentation period of 4.5 months. Compost of *E. crassipes* was used in percentages of 10%, 20% and 40% mixed with soil in 90%, 80% and 60%.

The treatments were identified as: T₁ (T10: 90), T₂ (T20: 80), T₃ (T40: 60), a relative treatment T₄ (TR, 100% soil and chemical fertilization) and a control treatment T₅ (TT, 100 % land). The results of the ANOVA show that there is a statistically significant difference of the treatments in the quality of *T. cacao* plants for the diameter, Dickson's Quality Index (ICD) and total dry weight. The T₁, T₂, T₃ and T₄ were statistically superior to the control treatment T₅ (TT). Plant height, slenderness index, and aerial dry weight-root dry weight ratio did not present statistically significant differences. The translocation of Pb to *T. cacao* plants was non-existent. The plants of T₃ (T40: 60), showed chlorotic yellowing and symptoms of diseases in the 45 to 90 days of germination. It is recommended to use percentages of compost of *E. crassipes* not greater than 20%, for *T. cacao* plants in the nursery.

Keywords: *E. crassipes* compost, Cerrón Grande, quality of the *T. cacao* plants, heavy metals.

Introducción

El Jacinto de Agua (*E. crassipes*), es una planta acuática que crece de manera acelerada en los embalses de agua (Alvarado, 2013). Es considerada como maleza acuática perenne (Madsen y Robles, sf), y catalogada entre las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo (Lowe et al., 2004). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1996) a nivel mundial *E. crassipes* causa problemas más serios y amplios que ninguna otra maleza acuática flotante. Rzedowski y Rzedowski (2005) mencionan que *E. crassipes* se propaga de tal manera que llega a cubrir los espejos de canales y otros depósitos de agua. Su abundancia y volumen en esos cuerpos de agua llega a imposibilitar la pesca y la navegación. De acuerdo con Barrett y Forno (1982), el origen de *E. crassipes* parece ser la Amazonia brasileña con propagación natural a otras áreas del continente sud-americano e introducido por acción humana a Centro América y el Caribe. La Aquatic Ecosystem Restoration Foundation (AERF, 2014), indica que *E. crassipes* ha sido ampliamente introducida en todas las regiones tropicales del mundo, más recientemente en el lago Victoria, al Este de África.

En El Salvador, el embalse Cerrón Grande (con coordenadas geográficas 14° 03" N y 89° 04" O), constituye el cuerpo de agua dulce continental más grande (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales [MARN], 2016), con un área cubierta de 135 km², construido para la presa de la Central Hidroeléctrica Cerrón Grande, con una capacidad nominal de 135 MW, y una generación media anual de 488 GWh (Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa [CEL], s.f). Uno de los problemas preponderantes en el embalse Cerrón Grande es la presencia y expansión de *E. crassipes*, que afecta a diversos sectores económicos como la industria pesquera, el turismo y la navegación (Alas, R. 25 de marzo 2016). También, podría afectar las turbinas para la generación hidroeléctrica de la presa Cerrón Grande ("Tesoros naturales en peligro, embalse del Cerrón Grande", 2016). El MARN (2019) calculó una cobertura de 3,000 hectáreas de *E. crassipes*, que equivale a un 22.22% del embalse.

Sonter et al. (2018) mencionan que recientemente el compostaje ha tenido aceptación para el manejo integral de desechos sólidos y malezas acuáticas, etiquetado como un producto ecológico y una solución sostenible de los residuos urbanos y manejo de malezas acuáticas. En ese sentido, Mashavira et al. (2015), evaluaron el efecto del compost de *E. crassipes* en tomate (*Lycopersicon esculentum*), en los atributos de crecimiento, potencial de rendimiento y la acumulación de niveles de metales pesados de plomo (Pb), cobre (Cu), níquel (Ni) y zinc (Zn), en el fruto de tomate; mientras Enríquez (2013), estudió el efecto del compost a base de *Eichhornia crassipes* en lechuga "*Lactuca sativa*", en las variables sobrevivencia, rendimiento en peso (kg), diámetro de la cabeza de la lechuga y concentración de los metales pesados plomo (Pb) y arsénico (As). Como parte del control de *E. crassipes* en el embalse Cerrón Grande, en el período de noviembre 2019 a marzo de 2020 se extrajo 17.34 hectáreas de forma manual y

mecánica usando barcazas cosechadoras de *E. crassipes* (CEL, 2020). Por su parte, la Agencia de Desarrollo Económico Local y el Fondo de Inversión Ambiental de El Salvador (ADEL-FIAES, 2014), propusieron elaborar compost a partir de plantas de *E. crassipes* extraído del embalse Cerrón Grande, como una de las alternativas para su uso y manejo sostenible.

En ese contexto, se desarrolló este estudio elaborando compost de *E. crassipes* del embalse Cerrón Grande, y se evaluó su efecto en la calidad de plantas de cacao (*Theobroma cacao*) en la etapa de vivero. El *T. cacao* es una de las especies con alto potencial ecológico y económico que CEL produce en los viveros forestales de sus Centrales Hidroeléctricas para reforestar la cuenca del río Lempa. Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2018), por la importancia socio-ambiental que este cultivo representa, en El Salvador, se cuenta con una “política para el desarrollo de la cadena del cacao”. Por lo que, la producción de plantas de *T. cacao* de calidad en vivero es imprescindible para el éxito de la plantación.

Según Arteaga et al. (2003) el tipo de suelo o sustrato utilizado en la producción de planta es uno de los factores que más influye en la calidad y costo de producción de planta en los viveros, por lo que se requiere contar con alternativas para reducir los costos, garantizando cierta calidad de planta. Prieto (2004), señala que un proceso apropiado en vivero requiere de prácticas culturales relacionadas con sustratos, envases, fertilizantes, micorrizas, riego, prevención y control de plagas y enfermedades.

La calidad de la planta depende de las características genéticas del germoplasma y de las técnicas usadas para su reproducción (Prieto et al., 2009). Los parámetros altura y diámetro son considerados estimadores del rendimiento de las plantas después de la siembra (Mexal y Landis, 1990) y pueden cuantificarse con facilidad (Birchler et al., 1998). Además, se usa atributos morfológicos como el índice de esbeltez que relaciona la altura y el diámetro de la planta, la relación del peso seco de la parte aérea y la radicular y el índice de calidad de Dickson, que se calcula mediante la relación entre el peso seco total de la planta y la suma del índice de esbeltez y la relación parte aérea-parte radicular (Navarro et al., 2006, Birchler et al., 1998, Dickson et al., 1960, citado por Mateo-Sánchez et al., 2011).

Los objetivos de la investigación consistieron en determinar el efecto del compost de plantas de *E. crassipes* extraídas del embalse Cerrón Grande en la calidad de las plantas de *T. cacao* en la etapa de vivero, a través de los parámetros de altura de la planta, diámetro, índice de esbeltez, relación del peso seco de la parte aérea y peso seco de la parte radicular (PSa/PSr), así como el Índice de Calidad de Dickson (ICD); además, determinar los porcentajes de compost de *E. crassipes* más apropiados para mezclar con tierra para la producción *T. cacao* en la etapa de vivero y finalmente evaluar los niveles de los metales pesados como As, Pb y Hg en plantas frescas de *E. crassipes*, en el compost obtenido y en las plantas de *T. cacao* para analizar la existencia de traslocación de dichos metales.

Método

La extracción de las plantas de *E. crassipes* del embalse Cerrón Grande se efectuó el 06 y 07 de diciembre de 2018, en el cantón Santa Teresa, municipio de Potonico, departamento de Chalatenango, en las coordenadas de ubicación 13°57'48.10" N y 88°54'36.51" O, a una distancia de 3.0 km en dirección noroeste de la Central Hidroeléctrica Cerrón Grande. Para su extracción se elaboraron cuadrantes de 1 m de largo x 1 m de ancho (1 m²), con tubos de PVC de 1" de diámetro. Se contó el número de plantas por m² registrado en los cuadrantes en cada extracción, se dejaron escurrir durante 3 minutos y luego se pesó la masa vegetal de cada cuadrante. En seguida, se tomaron partes de tallos, hojas y raíces de 100 plantas frescas de *E. crassipes* obtenidas de los cuadrantes mediante muestreo al azar, para análisis de los metales pesados Pb, As y Hg, y se llevaron al laboratorio de la Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES). El Pb y As se analizaron con el método de

espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito, y el Hg con el método de espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros. Después de la extracción, las plantas de *E. crassipes* se trasladaron para su compostaje al lugar donde se implementó el diseño experimental, ubicado en las coordenadas 14° 05' 44.28" N y 89° 15' 20.08" O, en la subcuenca del río Jayuca, en el caserío La Cruz, cantón Santa Rosa, municipio de Nueva Concepción, departamento de Chalatenango. Seguidamente en el sitio de compostaje se picaron las plantas de *E. crassipes* en una máquina agrícola utilizada para picar zacate. El material vegetal picado se colocó en forma de montículo de 5.70 m de largo, 1.90 m de ancho y 0.90 m de alto, sobre una capa de 5 cm de espesor de plantas de *E. crassipes* sin picar, para evitar el contacto con el suelo, luego el montículo se tapó con una carpeta plástica. Durante las primeras seis semanas se realizó volteo manual para brindar aireación dos veces por semana, las siguientes once semanas se efectuó una vez por semana. Las últimas dos semanas se extendió el material compostado en una capa de 30 cm de espesor, dejándolo sin carpeta durante el día y en la noche se volvía a colocar. Al finalizar este proceso se procedió a pesar el compost de *E. crassipes* y se resguardó en sacos para el proceso de maduración durante 5 meses previo a utilizarse como sustrato en la producción de plantas de *T. cacao* en etapa de vivero, asimismo, se efectuó análisis químico de Pb. Durante el proceso de compostaje se midió a diario la temperatura del material y la humedad relativa del ambiente. El período de elaboración del compost fue del 09 de diciembre de 2018 al 21 de abril de 2019. El cultivo de *T. cacao* en la etapa de vivero se implementó del 29 de septiembre de 2019 al 23 de febrero de 2020. En la figura 1 se muestra la extracción de *E. crassipes* y la elaboración de compost.



Figura 1. A) Extracción de *E. crassipes* del embalse Cerrón Grande. B) Elaboración de compost.

Para la implementación del estudio se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con cinco tratamientos, cinco repeticiones y 48 plantas por cada repetición. El tamaño de la muestra de plantas de *T. cacao* para el análisis destructivo en laboratorio y determinar el peso seco (g) se estimó con la fórmula:

$$n = \frac{t^2 * S^2}{e^2}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra.

S²: varianza.

t² = t de Student al 95% de confianza.

e² = error (5%). El valor del error se multiplica por el promedio, previo a elevarse a cuadrado, con lo cual se consigue incrementar el número de muestras a procesar.

El resultado arrojó un mínimo de 121 plantas a muestrear utilizando la variable altura, no obstante, se muestreó un total 250 plantas (50 por cada tratamiento y 10 plantas por repetición), con lo que se aseguró un muestreo representativo. Los análisis estadísticos se realizaron con el software Statistix 8.1, versión estudiante. El análisis de varianza de una vía (ANOVA), con un nivel de significancia de 0.05. Las diferencias significativas de las medias de los tratamientos se obtuvieron con la prueba estadística de Tukey.

En el ensayo se usó compost elaborado de *E. crassipes* del embalse Cerrón Grande en porcentajes de 10%, 20% y 40%, mezclados con tierra en 90%, 80% y 60% para completar el 100% del volumen de las bolsas (8"x12") donde se sembró las semillas de *T. cacao*. Los 5 tratamientos se identificaron de la forma siguiente: T₁ (10:90), T₂ (20:80), T₃ (40:60), un tratamiento relativo T₄ (TR, 100% tierra, y 3 fertilizaciones químicas con fertilizante fórmula triple 15 N-P-K, a los 15, 45 y 90 días de germinadas, usando dos gramos en la primera fertilización y cinco gramos en la segunda y tercera fertilización) y un tratamiento testigo T₅ (TT, 100% tierra) sin ningún aditamento.

El control de plagas y enfermedades se realizó de manera preventiva. Para el control de insectos del suelo se usó Imidaclopid WG 0.8%, aplicado en el suelo 15 días previo a la siembra de las semillas de *T. cacao*. Para el control de plagas del follaje se usó los insecticidas Abamectina (1.8 EC) y Lambdacialotrina (2.5 EC). La prevención de enfermedades fúngicas se efectuó con Difenconazole, Azoxystrobin (32.5 SC) aplicado cada 10 días. Las plantas de *T. cacao* en el vivero se protegieron con sombra usando malla sarán de 73%. Se arreglaron en 4 hileras en un ancho de 0.50 m y 12 plantas por hilera en una longitud de 1.56 m por cada repetición. El ancho de calles fue de 0.60 m x 0.65 m.

Cuando las plantas de *T. cacao* alcanzaron 4 meses y 15 días de germinadas se realizó un análisis destructivo de las plantas, tallo, hojas, raíz para medir el peso seco (g). Siguiendo la metodología de Fernández, et al. (2010), se muestreó las plantas que se encontraban al centro de cada repetición para evitar efecto de borde. A cada planta se le midió el diámetro en la base del tallo (mm) con un vernier, y la altura (cm) con una cinta métrica. Se separó el suelo de las plantas usando agua para dejar la raíz desnuda. Se cortó la raíz y se colocaron los tallos con hojas y raíces por separado en bolsas plásticas, identificadas por cada tratamiento y cada repetición, obteniendo 25 muestras de tallos con hojas y 25 muestras de raíces. Se pusieron a secar durante 72 horas a través del método de la estufa a 50 °C. Una vez secas se midió el peso del tallo con hojas, peso seco radicular y peso seco total. Esta prueba se efectuó en el Laboratorio de Química Agrícola del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova" (CENTA), ubicado en San Andrés, La Libertad, El Salvador. Tomando como referencia la metodología de Fonseca et al. (2002), descrita por Piña y Arboleda (2010), con los datos obtenidos del laboratorio se estimó el índice de esbeltez (IE), de acuerdo a la ecuación 1, y el Índice de Calidad de Dickson (ICD), con la ecuación 2, como se detalla a continuación:

$$IE = \frac{\text{Altura de la parte aérea (cm)}}{\text{Diámetro del tallo (mm)}} \quad \text{Ec. 1.}$$

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{Altura de la parte aérea (cm)}}{\text{Diámetro del tallo (mm)}} + \frac{\text{Peso seco aéreo (g)}}{\text{Peso seco raíz (g)}}} \quad \text{Ec. 2.}$$

Según Prieto et al. (2009) el índice de esbeltez es un indicador de la resistencia de la planta a la desecación por viento, de su sobrevivencia y crecimiento en sitios secos. Su valor debe ser menor de seis, valores más altos indican que la planta es más delgada del tallo en

relación al tamaño que presenta. El Índice de Calidad de Dickson (ICD) agrupa variables relacionadas con la calidad de la planta. A mayor valor del índice, mejor calidad de planta. La biomasa tiene una correlación con la sobrevivencia y el crecimiento de las plantas en campo. La relación parte aérea y parte radicular se calculó como el cociente entre el peso seco de la parte aérea en gramos y el peso seco de la raíz en gramos (PSa/PSr). Relaciones arriba de 2.5 indican desproporción y la existencia de un sistema radicular insuficiente para proporcionar la energía a la parte aérea de la planta (Prieto et al., 2009). Además, se muestreó plantas de *T. cacao* cultivadas en el T₃ (T40:60) para evaluar si existió traslocación de Pb del sustrato a las plantas de vivero.

Debido a que durante el proceso de cultivo de las plantas de *T. cacao* se observó que en las 5 repeticiones del T₃ (T40:60) y a un nivel no significativo en el T₂ (T20:80) algunas plantas de *T. cacao* presentaron primeramente una descoloración foliar progresiva tornándose amarillas cloróticas y luego mostraron síntomas de enfermedad en el follaje; por un lado, se decidió realizar un análisis foliar a plantas del tratamiento T₃ (T40:60) tomadas de las 5 repeticiones. El análisis se realizó en el laboratorio de FUSADES, San Salvador, El Salvador. Por otro lado, en el laboratorio de Parasitología Vegetal del CENTA, se efectuó análisis de presencia de patógenos en compost de *E. crassipes*, en el T₅ (TT) y en T₃ (T40:60) con el objeto de conocer los patógenos que causaron la enfermedad. Se utilizó el método Papa Dextrosa Agar (PDA) como medio de cultivo, bajo asepsia rigurosa en cámara de flujo laminar con luz ultravioleta. Se homogenizó el suelo y sustrato y tomó 10g. Se prepararon diluciones de 1/10,000 y 1/100,000 y se tomó 1ml de cada una de las diluciones, y se colocaron en cajas petri de vidrio selladas con cinta adhesiva parafilm conteniendo el medio de cultivo PDA. Las cajas petri se colocaron en una incubadora a 22°C durante 5 a 8 días, hasta observar el crecimiento de hongos y bacterias. Para la identificación de los microorganismos presentes se tomó con aguja de decepción una muestra de cada uno de los hongos y bacterias crecidos en la caja petri a través de un microscopio estereoscopio y se colocaron en una laminilla portaobjeto conteniendo una gota de agua estéril, se cubrió con un cubreobjeto y se ubicó en un microscopio compuesto donde se identificó cada uno de los géneros de hongos presentes en las muestras (R.F. de Serrano, comunicación personal, 24 de mayo de 2021).

Resultados

La media general de la altura de las plantas de *T. cacao* fue de 42.92 cm y un coeficiente de variación de 13.35. El T₁ alcanzó la mayor media con 46.34 cm, seguido del T₄ con 44.46 cm, el T₂ con 43.37 cm y el T₃ con 41.78 cm. El testigo o T₅ registró la media más baja con 38.65 cm (Tabla 1). El análisis de varianza no evidenció diferencia estadística entre las medias a un nivel de significancia de 0.05 (Tabla 2).

Tabla 1

Resultados de la prueba de Tukey de las diferencias estadísticas de las medias

| Variables estudiadas | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| Tratamiento | Altura (cm) | Diámetro (mm) | Índice de esbeltez |
| T ₁ (T10:90) | 46.34±4.28 ^a | 5.00±0.32 ^{ab} | 9.62±0.71 ^a |
| T ₂ (T20:80) | 43.37±4.39 ^a | 4.97±0.35 ^{ab} | 8.98±0.43 ^a |
| T ₃ (T40:60) | 41.78±8.98 ^a | 5.07±0.50 ^a | 8.39±1.22 ^a |
| T ₄ (TR) | 44.46±3.72 ^a | 4.71±0.42 ^{ab} | 9.82±0.92 ^a |
| T ₅ (TT) | 38.65±5.64 ^a | 4.18±0.59 ^b | 9.45±0.85 ^a |

Nota: las medias con letras diferentes dentro de una columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$), según la prueba de Tukey.

La media general del diámetro de las plantas fue de 4.78 mm y un coeficiente de variación de 9.45. El T₃ registró la mayor media con 5.07 mm, seguido del T₁ con 5.00 mm, y el T₂ con 4.97 mm. Los tratamientos T₄ y T₅ registraron las medias menores con 4.71 mm y 4.18 respectivamente (Tabla 1). Se encontró diferencia estadística a un nivel de significancia de 0.05 entre las medias de los tratamientos (Tabla 2). La prueba de Tukey demuestra que las medias de los tratamientos T₁, T₂ y T₄ son iguales estadísticamente, T₃ y T₅ son diferentes, donde T₃ es el mejor y T₅ el de menos calidad.

En el índice de esbeltez los valores más bajos reflejan plantas de mejor calidad. La media general del índice de esbeltez que resulta de dividir la altura y el diámetro en el cuello de la raíz, fue de 9.25 y un coeficiente de variación de 9.40. El T₄ con una media de 9.82, el T₁ una media de 9.62 y el testigo T₅ con una media de 9.45 presentaron mayor índice de esbeltez. Mientras los tratamientos T₂ y T₃ alcanzaron las medias más bajas, con 8.98 y 8.39 individualmente (Tabla 1). El análisis de varianza denota que no existe diferencia estadística entre las medias a un nivel de significancia de 0.05 (Tabla 2).

Tabla 2

Análisis de varianza para determinar diferencias estadísticas de las variables estudiadas

| Variable | Fuente de variación | GL | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F | P |
|--------------------|---------------------|----|-------------------|----------------|------|--------|
| Altura (cm) | Tratamiento | 4 | 169.01 | 42.25 | 1.29 | 0.30NS |
| | Error | 20 | 656.57 | 32.82 | | |
| | Total | 24 | 825.58 | | | |
| Diámetro (mm) | Tratamiento | 4 | 2.66 | 0.66 | 3.26 | 0.03* |
| | Error | 20 | 4.09 | 0.20 | | |
| | Total | 24 | 6.75 | | | |
| Índice de Esbeltez | Tratamiento | 4 | 6.52 | 1.63 | 2.15 | 0.11NS |
| | Error | 20 | 15.14 | 0.75 | | |
| | Total | 24 | 21.67 | | | |

Nota: NS= Estadísticamente no significativo y, *= Estadísticamente significativo

En la figura 2 se detalla la medición de la altura, diámetro y muestras de plantas de *T. cacao*, para análisis de peso seco, para la determinación de las variables de calidad de las plantas.



Figura 2. A) Medición de altura de las plantas de *T. cacao*. B) Medición de diámetro.

La media general de la relación peso seco (g) parte aérea-peso seco (g) parte radicular (PSa/PSr) fue de 10.11 y un coeficiente de variación de 18.37. Los tratamientos con mayor promedio fueron el T₄, T₁ y T₅, que registraron una media de 10.86, 10.26 y 10.10 g, respectivamente. Los tratamientos T₃ y T₂ presentaron las medias más bajas con 9.86 y 9.51 g, cada uno (Tabla 3). Valores arriba de 2.5 indican desproporción entre la parte aérea y la parte radicular, por lo que, según estos resultados, no existe equilibrio entre la relación de estas dos variables. Según el análisis de varianza, no existe diferencia estadística entre las medias a un nivel de significancia de 0.05 (Tabla 4).

Tabla 3

Resultados de la prueba de Tukey de las diferencias estadísticas de las medias

| Variables estudiadas | | | |
|-------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Tratamiento | PSa/PSr (g) | PSt (g) | ICD |
| T ₁ (T10:90) | 10.26±1.13 _a | 91.20±13.36 _a | 4.57±0.37 _a |
| T ₂ (T20:80) | 9.51±2.00 _a | 83.51±12.33 _{ab} | 4.52±0.51 _{ab} |
| T ₃ (T40:60) | 9.86±2.11 _a | 83.91±12.98 _{ab} | 4.63±0.65 _a |
| T ₄ (TR) | 10.86±2.11 _a | 84.73±13.31 _{ab} | 4.15±0.90 _{ab} |
| T ₅ (TT) | 10.10±1.74 _a | 62.36±15.10 _b | 3.22±0.86 _b |

Nota: las medias con letras diferentes dentro de una columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$), según la prueba de Tukey.

La media general de la variable de peso seco total fue de 81.14 g y un coeficiente de variación de 16.58. La biomasa de la planta está asociada con la sobrevivencia y el crecimiento de las plantas en campo. El T₁ registró la mejor media con 91.20 g. En segundo orden están los tratamientos T₄, T₃ y T₂ que registraron medias de 84.73 g 83.91 g y 83.51 g, individualmente. Por último, está el T₅ con una media de 62.36 g (Tabla 3). Acorde al análisis de varianza, existe diferencia estadística significativa entre las medias de los tratamientos. Según la prueba de Tukey las medias de los tratamientos T₂, T₃ y T₄ son iguales estadísticamente, T₁ es diferente estadísticamente a los demás tratamientos, siendo el mejor, y el T₅ es el peor con el promedio más bajo, por lo que las plantas del T₁ con mejor media de peso, pueden tener mayor porcentaje de sobrevivencia en la plantación que las del T₅ que presentó la media de peso más baja.

La media general del Índice de Calidad de Dickson fue de 4.22 y un coeficiente de variación de 16.40. Este índice integra las variables de calidad de planta, peso seco total de las plantas (g), índice de esbeltez (IE) y la relación peso seco parte aérea - peso seco radicular (PSa/PSr), valores mayores denotan plantas de mejor calidad, pueden tener más éxito de sobrevivir en los sitios donde se establezcan en campo. El T₃ registró la mejor media con 4.64 de ICD, seguido de los tratamientos T₁ con 4.57 de ICD y T₂ con 4.52 de ICD. El cuarto lugar lo ocupó el tratamiento T₄ con una media de 4.16. La media más baja lo registró el T₅ con 3.23 (Tabla 3). Los resultados del análisis de varianza, denotan que existe diferencia estadística significativa entre las medias de los tratamientos (Tabla 4). Según la prueba de Tukey las medias de los tratamientos T₂ y T₄ son iguales estadísticamente, así como T₁ y T₃, con los mejores promedios y T₅, tiene el menor promedio.

Tabla 4

Análisis de varianza para determinar diferencias estadísticas de las variables estudiadas

| Variable | Fuente de variación | GL | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F | P |
|--|---------------------|----|-------------------|----------------|------|--------|
| Relación parte aérea-parte radicular (g) | Tratamiento | 4 | 5.07 | 1.26 | 0.37 | 0.82NS |
| | Error | 20 | 69.07 | 3.45 | | |
| | Total | 24 | 74.15 | | | |
| Peso seco total (g) | Tratamiento | 4 | 2400.26 | 600.06 | 3.32 | 0.03* |
| | Error | 20 | 3620.02 | 181.00 | | |
| | Total | 24 | 6020.28 | | | |
| Índice de Calidad de Dickson (ICD) | Tratamiento | 4 | 6.86 | 1.71 | 3.58 | 0.02* |
| | Error | 20 | 9.59 | 0.47 | | |
| | Total | 24 | 16.45 | | | |

Nota: NS= Estadísticamente no significativo y, *= Estadísticamente significativo

En relación a los metales pesados evaluados, el Pb registró un promedio de 3.54 ppm en las plantas frescas de *E. crassipes*. El Hg y As, no fueron detectables (Figura 3). Por esta razón, en el compost de *E. crassipes* únicamente se analizó Pb, pero ya no fue detectable (0.00 ppm). A pesar de no detectarlo, en las muestras de compost analizadas, para cumplir con el objetivo relacionado a analizar si existe traslocación de Pb, se realizó un análisis de este elemento en las plantas de *T. cacao* cultivadas en el tratamiento T₃, con mayor porcentaje de compost de *E. crassipes*; según las pruebas, tampoco fue detectable.

Debido a los problemas de descoloración foliar progresiva tornándose amarillas cloróticas y luego síntomas de enfermedad en plantas de *T. cacao* en el T₃, se realizó un análisis foliar de nutrientes en las plantas de dicho tratamiento. Los resultados se compararon con los niveles de referencia utilizados en el Laboratorio de Química Agrícola del CENTA para el cultivo de *T. cacao*, basándose en *Methods of Analysis of Soil Plants, Water and Fertilisers*. Fertiliser Development and Organisation, 1999 (G.L. Enríquez, comunicación personal, 24 mayo de 2021). El N registró 3.18%, el P 0.16%; el K 1.32%; el Ca 0.55%, el Mg 0.20%, el S registró 0.24%. El Fe presentó 90.63 ppm, el Cu 3.55 ppm, el Mn 55.78 ppm, el Zn 18.91 ppm y el B registró 67.52 ppm. El N presentó un nivel superior al recomendado entre 2.00% - 2.50%. Los nutrientes P, Mg, Cu y Zn presentaron niveles bajos, siendo el nivel suficiente 0.18% para el P, 0.45% para el Mg, entre 8.0 ppm - 12.0 ppm en el Cu, y entre 20.0 - 100.0 ppm para el Zn; mientras, los nutrientes K, Fe, Mn y B presentaron niveles suficientes: 1.30% - 2.2%, 60 - 200 ppm, 50 - 300 ppm y 25 - 70 ppm, respectivamente (Tabla 5).

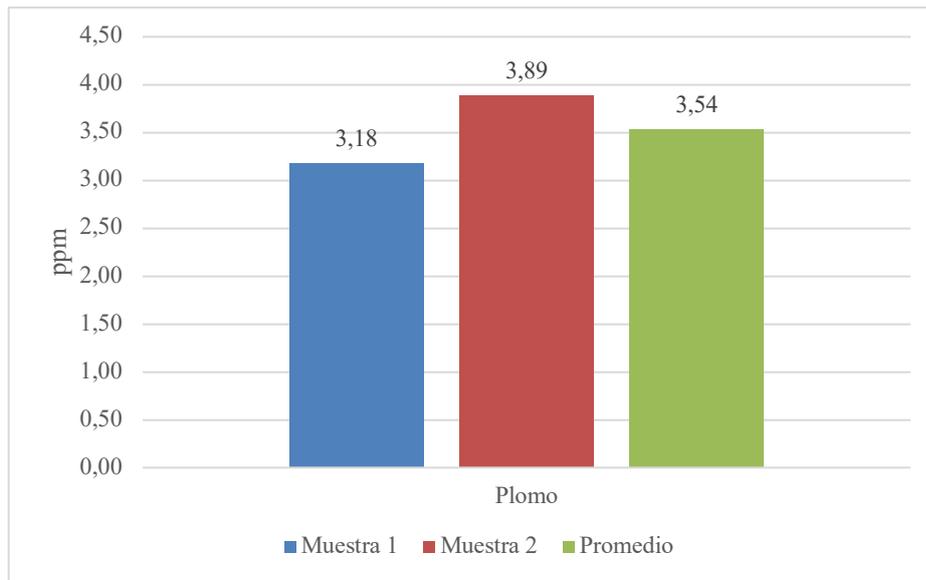


Figura 3. Resultados de análisis de Pb, en plantas de *E. crassipes* en estado fresco.

Tabla 5

Análisis foliar de nutrientes en plantas de T. cacao del tratamiento T₃ (T40:60)

| Elemento | Resultados | Unidad | Nivel bajo | Nivel suficiente | Nivel alto |
|-----------------|------------|--------|-------------|------------------|------------|
| Nitrógeno total | 3.18 | % | 1.8 - 1.99 | 2.0 - 2.5 | > 2.5 |
| Fósforo | 0.16 | % | 0.13 - 0.18 | > 0.18 | |
| Potasio | 1.32 | % | 1 - 1.29 | 1.3 - 2.2 | > 2.2 |
| Calcio | 0.55 | % | 0.3 - 0.49 | > 0.40 | - |
| Magnesio | 0.20 | % | 0.2 - 0.49 | > 0.45 | - |
| Azufre | 0.24 | % | - | - | - |
| Hierro | 90.63 | ppm | 50 - 59 | 60 - 200 | > 200 |
| Cobre | 3.55 | ppm | 4 - 7 | 8 - 12 | > 12 |
| Manganeso | 55.78 | ppm | 22 - 49 | 50 - 300 | > 300 |
| Zinc | 18.91 | ppm | 18 - 19 | 20 - 100 | > 100 |
| Boro | 67.52 | ppm | 12 - 24 | 25 - 70 | > 70 |

Nota: Fuente: Resultados obtenidos en el laboratorio de FUSADES y los datos de niveles de referencia usados por el laboratorio de Química Agrícola del CENTA para el cultivo de cacao, basados en Methods of Analysis of Soil Plants, Water and Fertilisers, Fertiliser Development and Organisation, 1999 (G.L. Enríquez, comunicación personal, 24 de mayo de 2021)

Patógenos en compost de *E. crassipes*, en T₅ (TT) y en T₃ (T40:60)

En el compost de *E. crassipes* se encontró cuatro géneros de hongos: *Aspergillus sp*, *Penicillium sp*, *Rhizopus sp*, *Sclerotium sp*; y una especie de bacteria, no identificada (Tabla 6). En el T₅ se registró dos géneros de hongos *Aspergillus sp* y *Fusarium sp*; y una especie de bacteria, la cual no se logró identificar. Por un lado, en el sustrato del T₃ (T40:60), se encontró siete géneros de hongos *Aspergillus sp*, *Penicillium sp*, *Fusarium sp*, *Pythium sp*, *Cladosporium sp*, *Rosellinia sp* y *Trichoderma sp* (Tabla 6). Por otro lado, en el tallo de las plantas cultivadas en el T₃ se encontró *Pythium sp*, y en la raíz y hojas existió presencia de bacterias, no identificadas. Según los resultados, los hongos que afectaron a las plantas de *T. cacao* en el T₃

fueron *Fusarium sp*, *Pythium sp* y *Rosellinia sp*, siendo este último el de mayor incidencia y el que causó mayor daño. En estado avanzado se manifiesta en las partes aéreas causando amarillamiento, marchitez, caída de las hojas y muerte regresiva. Lo que concuerda con lo descrito por Phillips-Mora y Cerda (2011) y Alarcón et al. (2012), sobre los síntomas del hongo *Rosellinia pepo* en plantas de *T. cacao*.

Tabla 6

Patógenos identificados en compost de E. crassipes, T₅ (TT), T₃ (T40:60) y en plantas

| Géneros de hongos/bacteria | Compost de <i>E. crassipes</i> | T ₅ (TT) | T ₃ (T40:60) y plantas | Observación |
|----------------------------|--------------------------------|---------------------|-----------------------------------|----------------|
| <i>Aspergillus sp</i> | x | x | x | Contaminante |
| <i>Penicillium sp</i> | x | | x | Contaminante |
| <i>Fusarium sp</i> | | x | x | |
| <i>Pythium sp</i> | | | x | |
| <i>Cladosporium sp</i> | | | x | |
| <i>Rosellinia sp</i> | | | x | Daño principal |
| <i>Tricoderma sp</i> | | | x | Antagónica |
| <i>Rhizopus sp</i> | x | | | Contaminante |
| <i>Sclerotium sp</i> | x | | | |
| <i>Bacteria*</i> | x | x | x | |

Nota: Fuente: Resultados del laboratorio de parasitología del CENTA.

La x indica presencia del patógeno. *sin identificar su género.

Discusión y conclusiones

Altura (cm) total de la planta. A pesar de que los resultados de la altura de las plantas de *T. cacao* fue superior en los porcentajes de sustrato de compost de *E. crassipes* (T₁, T₂ y T₃), no se encontró diferencia significativa comparado con el tratamiento testigo T₅. Similar resultado reportó González (2018), no encontrando diferencia estadística para la altura de clones de *T. cacao* en su estudio donde probó tratamientos de abonos orgánicos, bocashi y humus de lombriz, a los 15, 45 y 90 días después de la siembra. Por su parte, Lliuya (2015), encontró diferencia significativa en la misma variable en los tratamientos donde usó estiércol de cuy, compost y gallinaza en cultivo de plántones de *T. cacao*. Asimismo, Ramírez et al. (2013) presentan mejores resultados para el tratamiento con una mezcla de suelo, arena y estiércol de cuy, donde las plantas de *T. cacao* alcanzaron 34 cm de altura en la cubierta de sarán y 35 en la cubierta de plástico a los 120 días.

Diámetro (mm). En la presente investigación, las medias del diámetro fueron estadísticamente superiores en los tratamientos con porcentajes de sustrato de compost de *E. crassipes* (T₁, T₂ y T₃), respecto al tratamiento testigo T₅, siendo el mejor el T₃. Estos datos coinciden con los reportados por Lliuya (2015), que encontró diferencia significativa en el diámetro de las plantas de *T. cacao* a 120 días, para los tratamientos de abonos orgánicos compost, gallinaza y estiércol de cuy. Ramírez et al. (2013) también presentan mejores resultados para el tratamiento con una mezcla de suelo, arena y estiércol de cuy, donde las plantas de *T. cacao* registraron 6.89 mm de grosor en la cubierta de sarán y 8.72 mm en la cubierta de plástico a los 120 días. Caso contrario reveló González (2018), donde el diámetro de plantas de clones de *T. cacao* no mostró diferencia estadística en los tratamientos de abonos orgánicos, bocashi y humus de lombriz, a los 15, 45 y 90 días después de la siembra.

Índice de esbeltez. Los valores más bajos de este índice indican plantas de mejor calidad. Las medias de los tratamientos T₂ y T₃, presentaron los valores más bajos; a pesar de ello, no se evidenció diferencia significativa entre los tratamientos, incluyendo el testigo T₅. Similar resultado encontró Tut Si (2014), en su estudio con plantas en vivero de *Tabebuia donnell-smithii* (cortez blanco) producidas en los sustratos de lombri-compuesto, arena, suelo, y gallinaza, en diferentes proporciones y mezclas, donde no encontró diferencia significativa en los tratamientos.

Peso seco total (g). Se encontró diferencia significativa en los tratamientos con porcentajes de compost de *E. crassipes* T₂ y T₃ y el tratamiento relativo T₄ obteniendo efectos similares entre éstos; el T₁, fue superior a todos los tratamientos, y el T₅, el que registró el peso más bajo. Mateo-Sánchez et al. (2011) encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) para el peso seco total en la producción de plantas de *Cedrela odorata* (cedro) en vivero a base de sustrato de aserrín crudo en mezcla con peat moss-agrolita-vermiculita, registrando el mejor resultado en las plantas cultivadas con el tratamiento 60% de aserrín, seguido del tratamiento 70% de aserrín.

Índice de Calidad de Dickson (ICD). Los tratamientos con compost de *E. crassipes* T₃ con una media de 4.63 de ICD, T₁ con 4.57 de ICD y T₂ con 4.52 de ICD, presentaron las mejores medias de índice de calidad de Dickson (ICD), comparados con el T₅, encontrando diferencia estadística significativa. Mateo-Sánchez et al. (2011) obtuvo diferencia significativa ($p < 0.01$) para el ICD, en un experimento de producción de plantas de *Cedrela odorata* (cedro) en vivero a base de sustrato de aserrín crudo en mezcla con peat moss-agrolita-vermiculita. Los mejores valores los registraron los tratamientos con 70%, 90% y 60% de aserrín. Estos datos concuerdan con los encontrados en este estudio, donde los tratamientos con mayor porcentaje de compost fueron superior al testigo T₅.

Análisis químico de los metales pesados Pb, As y Hg en plantas de E. crassipes previo a compostarse, Pb en compost y en plantas de T. cacao. El Pb registró un promedio de 3.54 ppm en las plantas de *E. crassipes*. Mientras, el Hg y As, no fueron detectables; concordando con los reportados por ADEL-FIAES (2014), en muestras de *E. crassipes* en 3 lugares del embalse Cerrón Grande, que encontraron entre 2.41 y 3.0 ppm de Pb y tampoco detectaron Hg y As. Por su parte, el MARN (2012) en una muestra de análisis foliar de *E. crassipes* en la laguna de Metapán encontró 0.81 ppm de Pb, 2.26 ppm de As y no detectó Hg. Coincidiendo en la presencia de Pb, y la no detección de Hg, en las plantas de *E. crassipes* en ambos cuerpos de agua. Conforme la norma NCh2880 (2004) el nivel máximo de elementos trazas en materia prima para compostaje (mg/kg base seca) para el Hg, es de 10 mg/kg y para Pb 800 mg/kg. Por tanto, las plantas de *E. crassipes* de las muestras en el embalse Cerrón Grande cumplen con los requerimientos para utilizarse como materia prima para compostaje, referente al Pb que registró 3.54 ppm y Hg, que no fue detectable.

Análisis foliar y patógenos. Según los resultados del análisis foliar y presencia de patógenos, cabe la posibilidad que al usar una mayor cantidad de compost de *E. crassipes* ciertos nutrientes por exceso o deficiencia causen algún efecto negativo en el desarrollo de las plantas, como el que se observó en el T₃ donde se usó 40% de compost de *E. crassipes*, manifestando amarillamiento clorótico en las hojas de las plantas de *T. cacao* al inicio del desarrollo de éstas y luego se manifestó la presencia de enfermedades. También podría deberse a la presencia de mayor cantidad de especies de patógenos en dicho tratamiento; caso contrario a lo observado en la disminución de plantas afectadas a medida se utilizó menor cantidad de compost de *E. crassipes* en los tratamientos T₂ y T₁; por lo que, se recomienda usar porcentajes de compost de *E. crassipes* que no supere el 20%. Los síntomas de marchitamiento o clorosis que de manera general aparecen en los viveros de cacao, se deben principalmente al ataque de hongos (Suárez, et al., citados por Pérez-Martínez, et al., 2017). Por otra parte, es común encontrar síntomas no causados por fitopatógenos, sino, a carencias, excesos o desequilibrios

nutricionales, se manifiesta como clorosis en las plantas completas, clorosis moteada de los espacios intervenales de las hojas, deformación de la lámina foliar, disminución del tamaño de la hoja, en otros (Enríquez, 1985; Hardy, 1961, citados por Pérez-Martínez, et al., 2017), lo que concuerda con los hallazgos de este estudio.

Se evidenció un efecto positivo del uso del compost de plantas de *E. crassipes* en la calidad de las plantas de *T. cacao* en la fase de vivero para el diámetro, peso seco total e Índice de Calidad de Dickson (ICD). Éste último índice es el más integral de todos, se encontró que los tratamientos T₁ y T₃ registraron las medias más altas, siendo estadísticamente iguales entre ellas, y superiores al tratamiento testigo T₅, que obtuvo el menor promedio y, por tanto, plantas de menor calidad. Mientras en las variables altura, índice de esbeltez, relación peso seco aéreo/peso seco radicular, no se evidenció diferencia estadística entre las medias de los tratamientos.

El tratamiento con mayor porcentaje de compost T₃, obtuvo la mayor media respecto al Índice de Calidad de Dickson. No obstante, se observó de los 45 a 90 días de desarrollo de las plantas de *T. cacao* en el vivero, plantas afectadas por clorosis en un inicio y luego por enfermedad, posiblemente al usar mayor cantidad de compost de *E. crassipes* ciertos nutrientes por exceso o deficiencia ocasionen dicho efecto. También podría deberse por la presencia de más especies de patógenos en dicho tratamiento, siendo los hongos *Fusarium sp*, *Pythium sp* y *Rosellinia sp*, que más afectaron a las plantas; caso contrario a lo que se observó en la disminución de plantas afectadas a medida se utilizó menor cantidad de compost. Considerando que el T₃ presentó sintomatología probablemente al ataque de fitopatógenos, o por desequilibrios nutricionales, o por ambas, se recomienda que el porcentaje de compost de *E. crassipes* más apropiado a usarse para la producción de *T. cacao* en la fase de vivero no supere el 20%, de acuerdo con esta investigación.

Según los hallazgos, no se encontró traslocación de plomo (Pb) hacia las plantas de *T. cacao*. Asimismo, *E. crassipes* de las muestras en el embalse Cerrón Grande cumple con los requerimientos de la norma NCh2880 (2004) para utilizarse como materia prima para compostaje, respecto a los elementos trazas Pb que registró 3.54 ppm y Hg y As que no fueron detectables.

Con los resultados obtenidos de la investigación, se comprueba que el uso de compost de *E. crassipes* del embalse Cerrón Grande, tiene un efecto positivo en la calidad de las plantas de *T. cacao* en la fase de vivero; y, se determina que los porcentajes de compost de *E. crassipes* más apropiados para mezclar con tierra para la producción de *T. cacao* en la fase de vivero no superen el 20%. Asimismo, se determinó que el metal pesado plomo (Pb) registrado en las plantas frescas de *E. crassipes*, no fue identificado en el compost, ni en las plantas de *T. cacao*, por lo que no existió traslocación de dicho metal.

Referencias

- Alvarado, P. (2013). *Factibilidad del uso del lechuguín del embalse MAZAR para la elaboración de compost* [Tesis de Máster, Universidad el Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/466>
- Alarcón Restrepo, J.J., Arévalo Peñaranda, E., Díaz Jiménez, A.L., Galindo Álvarez, J.R. y Rosero, A.A. (2012). Manejo fitosanitario del cultivo de cacao. Medidas para la etapa invernal. <https://www.ica.gov.co/getattachment/c01fa43b-cf48-497a-aa7f-51e6da3f7e96/>
- Gettys, L. A., Haller, W. T. and Bellaud, M. (2014). *Biology and Control of Aquatic Plants: A Best Management Practices Handbook*. Aquatic Ecosystem Restoration Foundation.
- Agencia de Desarrollo Económico Local-Fondo de Inversión de El Salvador (ADEL-FIAES). (2014). *Investigación de la caracterización del Jacinto de Agua *Eichhornia crassipes* del humedal Cerrón Grande, para determinar su aprovechamiento como materia prima para*

- la elaboración de productos agroindustriales, industriales o artesanales, Chalatenango, El Salvador.
- Alas, R. (2016). *Cerrón Grande ahogado por la contaminación del Acelhuate*. <http://www.elsalvador.com/articulo/nacional/cerron-grande-ahogado-por-contaminacion-del-acelhuate-105668>.
- Arteaga Martínez, B., León, S. y Amador, C. (2003). Efecto de la mezcla de sustratos y fertilización sobre el crecimiento de *Pinus durangensis* Martínez en vivero. *Foresta Veracruzana*, 5 (2), 9-16. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49750202>
- Barrett, S.C.H y Forno, I.W. (1982). Style morph distribution in New World populat of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach (Water Hyacinth). *Aquatic Botany*, 13, 299-306.
- Birchler, T., Rose, R.W., Arroyo, A, y Pardos, M. (1998). La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales* 7 (1-2). <https://recyt.fecyt.es/index.php/IA/article/view/2806>
- Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del río Lempa. (2020). *Informe de control de Jacinto Acuático de junio de 2019 al 30 de septiembre de 2020, en los embalses de las Centrales Hidroeléctricas Cerrón Grande y 5 de Noviembre*. El Salvador.
- Fernández, R., Trapero, A., y Domínguez, J. (2010). *Experimentación en agricultura*.
- González, T. (2018). *Efecto de dos abonos orgánicos en el crecimiento de plántones de cacao (Theobroma cacao) de los clones CCN-51 e IMC-67 en vivero* [Tesis de Grado]. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Instituto Nacional de Normalización. (2004). *Norma chilena oficial NCh2880.of2004. Compost – Clasificación y requisitos*. http://www.sinia.cl/1292/articles-32296_Norma.pdf.
- Lliuya, V. (2015). Fertilización orgánica en el crecimiento vegetativo de los patrones de cacao (*Theobroma cacao*, L) en suelo inceptisols en fase de vivero, en el distrito de nuevo progreso, Tocache, San Martín [Tesis de Grado]. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Lowe S., Browne M., Boudjelas S., De Poorter M. (2004). *100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database. Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), un grupo especialista de la Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN)*. www.issg.org/bookletS.pdf.
- Mateo-Sánchez, J.J, Bonifacio-Vásquez, R., Pérez-Ríos, SR., Mohedano-Caballero, L y Capulín-Grande, J. (2011). Producción de (*Cedrela Odorata* L.), en sustrato a base de aserrín crudo en sistema tecnificado en Tecpán de Galeana, Guerrero, México. *Ra Ximhai*, 1, 123-132.
- Madsen, J.D. y Robles, W. (sf). Atlas de especies invasoras de Puerto Rico. <http://atlas.eea.uprm.edu/plantas/jacinto-de-agua>.
- Mexal, J.G.; Landis T. D. (1990). *Target Seedling Concepts: Height and Diameter*. In Rose, R., Campbell, S.J., Landis, T. D., (eds.) In Proceedings, Western Forest Nursery Association; <http://www.fcanet.org/proceedings/1990/mexal.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2018). *Política para el Desarrollo de la Cadena de Cacao de El Salvador*. Ministerio de Agricultura y Ganadería
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012). *Interpretación de muestras de lirio acuático y muestras de agua provenientes de la laguna de Metapán*. Soyapango.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2016). *Embalse Cerrón Grande*. <http://www.marn.gob.sv/sitio-ramsar-embalse-cerron-grande/>.

- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2019). *Informe sobre proliferación de plantas acuáticas en el humedal Cerrón Grande*.
- Navarro Cerrillo, Rafael & Villar-Salvador, Pedro & Del Campo, Antonio. (2006). Morfología y establecimiento de los plantones. In J. Cortina, J.L. Peñuelas, J. Puértolas, R. Savé, A. Vilagrosa (Eds). *Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos. Estado actual de conocimientos*. (pp. 67-88). Ministerio de Medio Ambiente.
- Negreros-Castillo, P., Apodaca-Martínez, M. y Mize, C. (2010). Efecto de sustrato y densidad en calidad de plántulas de cedro, caoba y roble. *Madera y Bosques*, 16, (2), 7-18. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712010000200001&lng=es&tlng=es.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1996). *Manejo de malezas para países en desarrollo. Capítulo malezas acuáticas*. <http://www.fao.org/docrep/t1147s/t1147s0a.htm>.
- Pérez-Martínez, S., Noceda, C., Zambrano, O., Parra, D., Córdoba, L. y Sosa, D. (2017). Descripción de plangas en viveros de cacao en el cantón Milagro a partir de diferentes fuentes de información. *Revista Ciencia UNEMI*, 10 (24), 19-38. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6430731.pdf>
- Phillips-Mora, W. y Cerda Bustillo, R. (2011). *Catálogo de enfermedades del cultivo de cacao en Centroamérica*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H20-10877.PDF>
- Piña, M. y Arboleda, M. E. (2010). Efecto de dos ambientes lumínicos en el crecimiento inicial y calidad de plantas de *Crescentia cujete*. *Bioagro*, 22(1), 61-66. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612010000100008&lng=es&tlng=es.
- Prieto R., J. A. (2004). *Factores que influyen en la producción de planta de Pinus spp. en vivero y en su establecimiento en campo* [Tesis Doctoral] Universidad Autónoma de Nuevo León. <http://eprints.uanl.mx/5805/1/1020150010.PDF>
- Prieto R., J. A.; García R., J. L.; Mejía B., J. M.; Huchín A., S. y Aguilar V., J. L. (2009). *Producción de planta del género Pinus en vivero en clima templado frío*. *Pub. Esp. 28. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*. INIFAP.
- Ramírez, M.B., Rodríguez, Y., Carrera, C.M., Asanza, M. y Soria S. (2013). Efecto de abonos orgánicos en el cultivo de *T. cacao L*, en vivero del “Recinto El Capricho”, Provincia de Napo, Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 2(1), 31-40. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5271969>
- Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores. (2005). *Flora fanerogámica del Valle de México*. (2ª. ed.). Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad,
- Rueda-Sánchez, A., Benavides-Solorio, J., Saenz-Reyes, J., Muñoz Flores H., Prieto-Ruiz, A. y Orozco Gutiérrez G. (2013). Calidad de plantas producidas en los viveros forestales de Nayarit. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5 (22), 58-73. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v5n22/v5n22a5.pdf>
- Sonter S, Pattar PV, Ramalingappa. (2018). Effect of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. compost on morphophysiological parameters of blackgram (*Vigna mungo* (L) Hepper). *International Journal of Science & Healthcare Research*, 3 (4), 20-26.
- Tut Si, M. O. (2014). *Evaluación de cinco sustratos para la producción en vivero de Palo Blanco (Tabebuia donnell-smithi, Rose)*. [Tesis de Grado] Universidad Rafael Landívar.
- Tesoros naturales en peligro*. (2016). <http://especiales.elsalvador.com/2016/sitios-ramsar/cerron-grande.asp>.

Fecha de recepción: 31/03/2021
Fecha de revisión: 20/04/2021
Fecha de aceptación: 15/06/2021

PROJECT, DESIGN AND MANAGEMENT

ISSN: 2683-1597



Cómo citar este artículo:

Vázquez Lema, M. R. & Vazquez Loayza, J. P. (2021). Liderazgo y éxito organizacional con el modelo ISO 9001. *Project, Design and Management*, 3(1), 89-112. doi: 10.29314/pdm.v3i1.620

LIDERAZGO Y ÉXITO ORGANIZACIONAL CON EL MODELO ISO 9001

Marcelo Rodrigo Vasquez Lema

Universidad Internacional Iberoamericana (Bolivia)

marcelo@marcelovasquez.org · <https://orcid.org/0000-0001-8739-4417>

Juan Pablo Vazquez Loayza

Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador (Ecuador)

pabloaiza@hotmail.com · <https://orcid.org/0000-0003-0646-3930>

Resumen. Ante la adopción creciente del modelo ISO 9000 por las Empresas Industriales de Productos Algodoneros Textiles en Bolivia (EIPAT), para abordar eficazmente un contexto dinámico y, al no poder visibilizar cambios representativos en su desempeño; además, considerando el impacto de un Liderazgo sólido en los colaboradores y su repercusión en los procesos y la organización, y por último, siendo uno de los principios de gestión de la calidad el Liderazgo; se buscó establecer la relación entre éste y el Éxito Organizacional (EO). Se establecieron 2 objetivos: (1) Determinar si los niveles de dirección ejercen las acciones de Liderazgo recomendadas por el modelo ISO 9000 y, (2) Determinar la relación que existe entre el Liderazgo que se ejerce en cada uno de los niveles de dirección y el EO. La hipótesis alterna fue “Las acciones para ejercer Liderazgo influyen positivamente en el Éxito de las organizaciones con certificación ISO 9001”; y la nula “Las acciones para ejercer Liderazgo no influyen positivamente en el Éxito de las organizaciones con certificación ISO 9001”. El instrumento de recolección de información fue validado por expertos en metodología de la investigación y el estadístico Alfa de Cronbach. En el análisis de los datos se utilizó las medidas de tendencia central y variabilidad para lo descriptivo y el coeficiente de correlación de Spearman para lo correlacional; lo cual permitió determinar que existe una relación positiva fuerte y moderada entre las variables de estudio; así como, que los niveles de dirección medios ejercen con mayor frecuencia dichas prácticas.

Palabras clave: Liderazgo; ISO 9001, éxito organizacional, sistemas de gestión de la calidad.

LEADERSHIP AND ORGANIZATIONAL SUCCESS WITH THE ISO 9001 MODEL

Abstract. Given the growing adoption of the ISO 9000 model by the Industrial Companies of Cotton Textile Products in Bolivia (EIPAT), to effectively address a dynamic context and, as they are unable to visualize representative changes in their performance; furthermore, considering the impact of a solid Leadership on the collaborators and its repercussion on the processes and the organization, and finally, being one of the principles of quality management the Leadership; It was sought to establish the relationship between it and Organizational

Success (EO). Two objectives were established: (1) Determine if the management levels exercise the Leadership actions recommended by the ISO 9000 model and, (2) Determine the relationship that exists between the Leadership exercised at each of the management levels and the EO. The alternative hypothesis was "The actions to exercise Leadership positively influence the Success of organizations with ISO 9001 certification"; and the null "Actions to exercise Leadership do not positively influence the Success of organizations with ISO 9001 certification". The information collection instrument was validated by experts in research methodology and Cronbach's Alpha statistic. In the data analysis, the measures of central tendency and variability were used for the descriptive and the Spearman correlation coefficient for the correlational; This made it possible to determine that there is a strong and moderate positive relationship between the study variables; as well as, that the middle management levels exercise these practices more frequently.

Keywords: Leadership, ISO 9001, Organizational Success.

Introducción

La calidad de los productos y servicios ha dejado de ser vista como un valor agregado para convertirse en algo mínimo esperado por los consumidores, los cuales se encuentran cada vez más y mejor informados debido a la facilidad que se tiene de acceder a información técnica y legal; así como, para conocer múltiples opciones antes de tomar una decisión de compra. Esta situación ha llevado a que las organizaciones se preocupen por mantener la calidad con la finalidad de satisfacer las necesidades y expectativas de sus clientes y, a través de esto, alcanzar los resultados financieros y de mercado esperados. Lo mencionado ha suscitado una competencia fuerte entre las empresas, empujándolas a adoptar, implementar y mantener sistemas de gestión de la calidad (SGC) ISO 9001 que les encamine a lograr altos estándares de calidad para responder a las exigencias del medio, y marcar diferencia del resto (González, 2015).

Desde su publicación en 1987 esta normativa ha tenido 5 versiones en las que se han incorporado modificaciones para adecuarse a las necesidades de los usuarios y otras partes interesadas (Manders, de Vries y Blind; 2016), volviéndose una herramienta referencial para permitir la creciente internacionalización de los negocios y la necesidad de estándares comunes de SGC (Fonseca, 2015). Según el informe publicado por la ISO (2019), a nivel mundial, el número de certificaciones vigentes con la norma ISO 9001 alcanzó a 883.521 en 1.217.972 sitios; y en Bolivia un total de 241 (ISO, 2019b).

Esta norma, publicada por el Organismo Internacional para la Estandarización (ISO), y homologada como Norma Boliviana (NB) por el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA), establece una serie de requisitos genéricos para diseñar e implementar un SGC en cualquier tipo y tamaño de organización, orientados a la mejora en la capacidad de entregar productos y servicios que cumplan con las especificaciones técnicas, legales, así como de la satisfacción del cliente (Medina, López y Ruiz, 2017). Teniendo, según Rodríguez (2012), un impacto favorable en la eficiencia, productividad, competitividad, rentabilidad, satisfacción del cliente y desempeño global en las organizaciones proporcionando a quienes adoptan esta norma, alcanzar métricas financieras y no financieras superiores en relación con otras que no lo hacen (Fontalvo, Mendoza y Morelos, 2011; Marín, 2013; Benzaquen y Convers, 2015).

Enfocándose en los principios de gestión del modelo ISO 9000, el de *Liderazgo* es el único que tiene un capítulo exclusivo en la norma ISO 9001 (2015), pudiéndose inferir la importancia que le otorga el modelo a éste pues declara que los líderes, en todos los niveles de la organización, crean las condiciones en las que las personas se implican en el logro de los objetivos, entendiéndose el alcanzar un objetivo como Éxito para este modelo. A su vez, también especifica que el *Liderazgo* debe partir con la creación de la unidad de propósito, y la dirección y gestión de las personas, para que la organización pueda alinear sus estrategias, políticas, procesos y recursos hacia la consecución de los objetivos.

A partir de la revisión realizada, referente a la ISO 9001 y el *Liderazgo*, puede llegarse a considerar una estrategia el implementar un SGC bajo este modelo para abordar el entorno complejo y dinámico, que no sólo depende de cumplir una serie de requisitos genéricos, sino también de principios en donde, según el aporte de diferentes autores (Summers, 2006; Iqbal, Anwar y Halder, 2015; Robbins y Judge, 2017; Benavides, 2017; Chiavenato, 2018; Palazzeschi, Bucci y Di Fabio, 2018; Sousa & Rocha, 2019) puede jugar un papel clave en la consecución de los objetivos y, por ende, del Éxito Organizacional (EO) ya que, adicionalmente, los mismos autores lo asocian a la capacidad de influenciar en las personas, mientras que según Rachma (2014) es una práctica que trasciende de una simple tarea de control porque entiende también una atención en relaciones interpersonales y de motivación (Godoy y Bresó, 2013; Bester, Stander y van Zyl, 2015; Qian, Song, Jin, Wang y Chen, 2018). Con el antecedente de estas investigaciones y considerando lo expuesto por Bass y Avolio (1994, 1997) es posible afirmar que gestionar un adecuado *Liderazgo* promueve el buen funcionamiento de toda organización.

Por lo tanto, es factible inferir que, entre mayor influencia se tenga del líder para mejorar las prácticas de los empleados, más eficaz será el desarrollo de una visión compartida entre los colaboradores de la empresa (Blanchard, 2016). Reconociendo también que el *Liderazgo*, en un entorno cada vez más dinámico y generador de una creciente incertidumbre, se clave para generar sinergia en los equipos de trabajo a favor de alcanzar los resultados organizacionales para sobrevivir en el mercado altamente competitivo (Youssef y Luthans 2012; Mendoza, García y Uribe, 2014; Tysen Wald y Heidenreich, 2014).

A pesar de los efectos positivos expuestos sobre la implementación de un SGC ISO 9001, la experiencia del investigador ha podido evidenciar que la misma no ha ocasionado, hasta el momento, una diferencia importante en los resultados de gestión que han obtenido las EIPAT en Bolivia; quienes han adoptado este modelo en búsqueda de poder abordar de manera más efectiva un entorno cada vez más complejo y dinámico. A lo mencionado se suma el ejercicio de un *Liderazgo* débil por parte de los diferentes niveles de dirección en este sector que se puede percibir durante los procesos de diseño, implementación y mantenimiento de los SGC. La norma ISO 9000 (2015) presenta una serie de acciones para ejercer *Liderazgo* dentro de los SGC que permitirían la creación de la unidad de propósito y dirección y gestión de las personas que facilitaría a una organización alinear sus estrategias, políticas, procesos y recursos para lograr los objetivos y, visto de esta manera, resulta conveniente intervenir en un estudio sobre *Liderazgo* en organizaciones que han obtenido la certificación puesto que se asume existe la intensión y el *know how* que la norma guía. Dentro de las acciones posibles, y como menciona la ISO 9000 (2015), están: (1) la formación continua por parte de los niveles de dirección (FR), (2) la comunicación el propósito, estrategias, políticas y procesos de calidad (CPEPP), (3) la participación en equipos o proyectos de mejora continua (PPEC), (4) el reconocimiento al personal que promueve y/o aplica eficazmente los principios y estándares de calidad (RPPEC), (5) la participación activa en las actividades de seguimiento y evaluación del desempeño del SGC (PAED), (6) el fomento y desarrollo de liderazgos positivos en los diferentes niveles (FDLP), (7) la priorización del tratamiento de temas relacionados con la calidad del producto y servicio (PTTR), (8) el fomento y proporción de recursos, formación y autoridad requerida para actuar con responsabilidad y obligación de rendir cuentas (FPFARORC).

Ser el proveedor elegido es un desafío cada vez mayor en los diferentes sectores. La competencia se vuelve más intensa a medida que surgen inesperadamente nuevos competidores. Los clientes son más exigentes y tienen a su disposición muchas opciones. Por lo cual, esperan obtener lo que desean, cuando lo desean, y quieren que se satisfaga a cabalidad sus necesidades (Blanchard, 2016). A lo mencionado, se suma el contrabando y el incremento de la importación de productos de origen chino a precios más bajos, lo cual hace más complejo el contexto. Esta

realidad describe específicamente el entorno actual en que se están desarrollando las EIPAT. Lo mencionado ha llevado a que las organizaciones del sector se apoyen en la ISO 9001 para poder cumplir con las necesidades y expectativas del mercado para mejorar sus resultados empresariales. Sin embargo, más allá de la mejora en la imagen en general, no se ha tenido una repercusión directa que se asocie con mayor satisfacción del cliente, utilidades o incremento en ventas durante el periodo 2017-2019 según demuestra la información documentada relacionada con los resultados de gestión y del SGC en las organizaciones del sector; aspectos que para los niveles de dirección son sinónimo de Éxito en la gestión. Lo mencionado motivo para investigar si los niveles de dirección estaban ejerciendo las acciones de *Liderazgo* promovidas por el modelo adoptado; y si estas tienen una relación con el *EO*. En este sentido se partió de la Hipótesis de que las acciones de *Liderazgo* no influyen positivamente en el *Éxito* de las organizaciones con certificación ISO 9001.

Método

La investigación, realizada durante el periodo agosto-diciembre 2020, se enmarcó en la tipología no experimental-transversal, descriptiva y correlacional según la clasificación presentada por Hernández, Fernández y Baptista (2014). El estudio aplicó métodos empíricos y buscó determinar la relación del ejercicio del Liderazgo de los niveles de dirección — como variable independiente —, basado en las acciones sugeridas por la norma ISO 9000:2015, con el *Éxito en las Organizaciones* —como variable dependiente— dentro de un SGC certificados de las EIPAT durante las gestiones fiscales 2017-2019. A su vez, se plantearon los siguientes objetivos específicos: (1) determinar si los niveles de dirección ejercen las acciones de Liderazgo recomendadas por el modelo ISO 9000 y; (2) determinar la relación que existe entre el Liderazgo que se ejerce en cada uno de los niveles de dirección y el Éxito en las organizaciones certificadas ISO 9001. Con este fin se formularon las siguientes hipótesis de investigación:

(H₁) Hipótesis alternativa: Las acciones para ejercer liderazgo influyen positivamente en el éxito de las organizaciones con certificación ISO 9001.

(H₀) Hipótesis nula: Las acciones para ejercer liderazgo no influyen positivamente en el éxito de las organizaciones con certificación ISO 9001.

La unidad de análisis de la investigación fueron las EIPAT, en donde se reconoció una población de 43 puestos de dirección divididos en gerencias (10), jefes departamentales (13) y supervisores (20). A quienes, en un porcentaje del 100% se les aplicó un cuestionario Ad Hoc de escalas ordinales validado bajo juicio de expertos y estadístico Alpha de Cronbach con un valor de 0,9078, que indagó sobre la participación de los niveles de dirección en: (1) formación relacionada con ISO 9001 (FR); (2) comunicación del propósito, estrategias, políticas y procesos de calidad (CPEPP); (3) participación en equipos o proyectos de mejora continua (PPEC); (4) reconocimiento a promoción y aplicación de principios y estándares de calidad (RPPEC); (5) participación en actividades de evaluación del desempeño del SGC (PAED); (6) fomento y desarrollo de liderazgos positivos (FDLP); (7) priorización del tratamiento de temas relacionados con la calidad (PTTR) y; (8) fomento y proporción para actuar responsablemente y tener la obligación de rendir cuentas (FPRRC)

Posteriormente, tras un proceso de socialización y capacitación al personal, se aplicaría el cuestionario de auto-evaluación. Seguido a esto, se preparó el instrumento en la aplicación Google Forms para facilitar su aplicación, recolección y tabulación y se remitió por correo electrónico. Se otorgó 7 días para ser completado, pero se cumplió el 100% en las 72 primeras horas. A continuación, se solicitó autorización a la Alta Dirección (AD) de las organizaciones del sector de estudio, para poder tener acceso a la información documentada que permita recolectar los datos necesarios a través de la hoja de verificación para corroborar los resultados

del cuestionario; así como, los relacionados con la satisfacción del cliente, las utilidades y las ventas correspondientes al periodo 2017-2019. Las organizaciones facilitaron el acceso temporal a estos datos a través de carpetas virtuales como OneDrive, Dropbox y Google Drive.

El análisis de los datos se realizó tomando en cuenta los niveles de medición de la variable y mediante estadística descriptiva según la clasificación de Hernández et al. (2014,). Se utilizaron las medidas de tendencia central y variabilidad para lo descriptivo y la prueba paramétrica de coeficiente de correlación de Spearman para poder determinar si las acciones de *Liderazgo* promovidas por el modelo 9000 tienen relación con el *Éxito Organizacional* en el sector. Para aquellas que tuvieron un coeficiente entre $0.5 < X < 7.5$ reconocidas como *Positiva Moderada* y *Positiva Fuerte* para aquellas con $5,701 < X$.

Resultados

Luego del análisis e interpretación de la información obtenida a partir de las medidas de tendencia central y las de variabilidad en cada una de las dimensiones de la variable independiente de *Liderazgo* de forma global y por nivel de dirección, se obtuvieron los siguientes resultados:

A partir de la consulta realizada sobre la participación en acciones de FR con la ISO 9001, ya sean gestionadas a solicitud personal o siendo parte del programa general de formación, para mantenerse actualizado y fortalecer sus competencias en la temática continuamente, se observó que la mayor cantidad de directivos *casi nunca* participa en éstas, como se puede evidenciar en la Figura 1; existiendo una alta dispersión en el ejercicio de esta actividad y una tendencia hacia hacerlo con cierta regularidad como se puede reflejar en la Tabla 1.

Sin embargo, como se visibiliza en los niveles de DM suelen, en mayor cantidad, hacerlo frecuentemente y tener un ejercicio más homogéneo de esta acción de *Liderazgo*; en comparación con los AD y DO que lo hacen *casi nunca*, como se exhibe en la Figura 2 y Tabla 2.

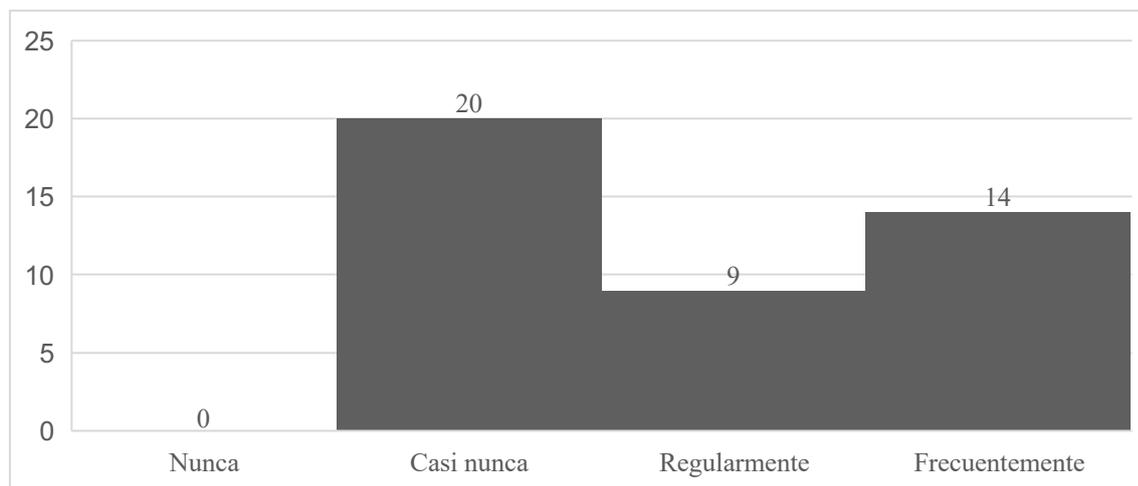


Figura 1. Participación general en acciones de formación ISO 9001

Nota: Elaboración propia.

Tabla 1
Participación en acciones de formación ISO 9001

| Tendencia y variabilidad | Datos |
|--------------------------|-------------|
| Media | 2,860465116 |
| Mediana | 3 |
| Moda | 2 |
| Rango | 2 |
| Desviación estándar | 0,8885889 |

Nota: Elaboración propia.

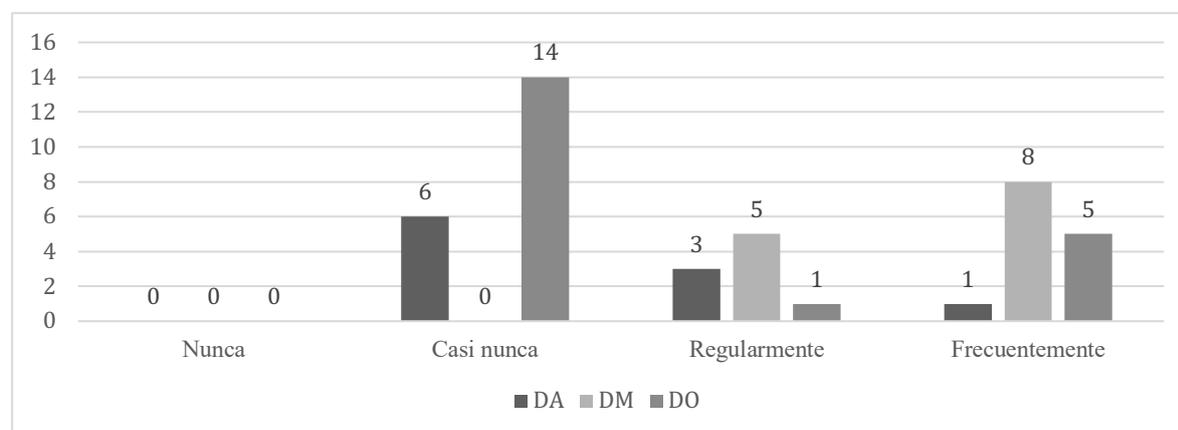


Figura 2. Participación en acciones de formación ISO 9001 por nivel de dirección

Nota: Elaboración propia. Representa a la totalidad de los niveles de dirección a los cuales se aplicó el instrumento. AD = Alta Dirección, DM = Dirección Media, DO = Dirección Operativa

Tabla 2
Participación en acciones de formación ISO 9001 por nivel de dirección

| Tendencia y variabilidad | Alta Dirección | Dirección Media | Dirección Operativa |
|--------------------------|----------------|-----------------|---------------------|
| Media | 2,5 | 3,6153 | 2,55 |
| Mediana | 2 | 4 | 2 |
| Moda | 2 | 4 | 2 |
| Rango | 2 | 1 | 2 |
| Desviación estándar | 0,7071 | 0,5053 | 0,8870 |

Nota: Elaboración propia.

La segunda variable asociada al *Liderazgo* para este estudio está relacionada con la CPEPP. A partir de la consulta sobre la ejecución y participación en estas actividades, a través de diferentes espacios como reuniones, mensajes, acciones de formación, entre otros, se

observó que en su mayoría lo realizan *regularmente*, tal como se exhibe en Figura 3. Comunicación general del propósito, estrategias, políticas y procesos de calidad

; existiendo una alta dispersión en el ejercicio de esta actividad y una leve tendencia hacia hacerlo *casi nunca* como se puede reflejar en la Tabla 3. Sin embargo, como se visualiza en la Figura 4 y Tabla 4, los niveles de DM y DO suelen, en mayor cantidad, hacerlo con *regularidad*, en comparación con la DA que lo hacen *casi nunca*; a su vez, en los tres niveles la desviación es media alta.

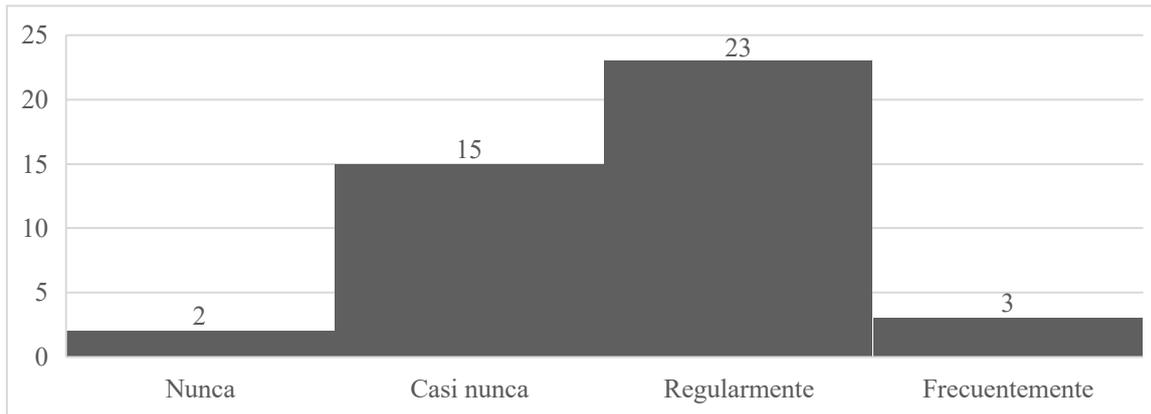


Figura 3. Comunicación general del propósito, estrategias, políticas y procesos de calidad
 Nota: Elaboración propia.

Tabla 3
 Comunicación del propósito, estrategias, políticas y procesos de calidad

| Tendencia y variabilidad | Datos |
|--------------------------|--------|
| Media | 2,6279 |
| Mediana | 3 |
| Moda | 3 |
| Rango | 3 |
| Desviación estándar | 0,6908 |

Nota: Elaboración propia.

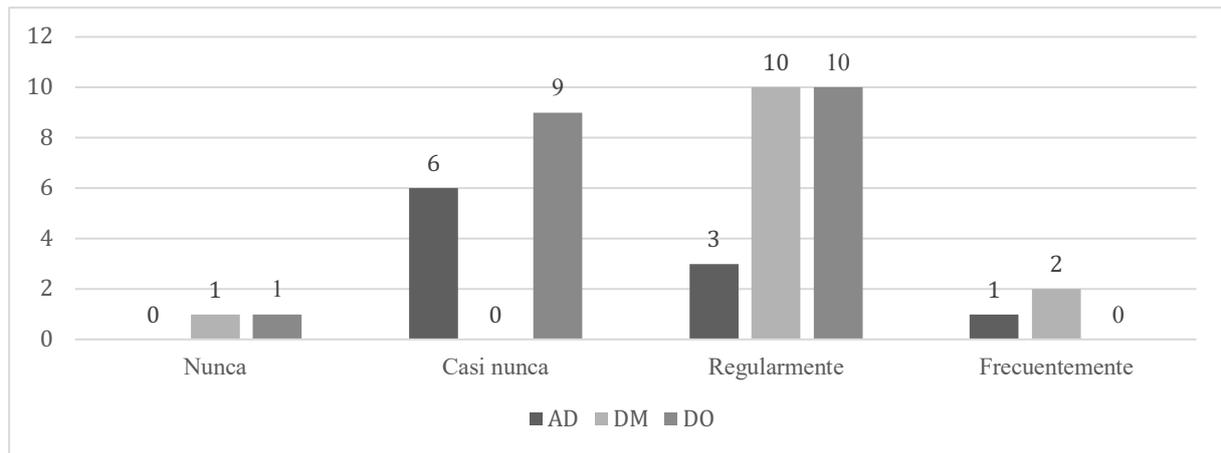


Figura 4. Comunicación general del propósito, estrategias, políticas y procesos de calidad

Nota: Elaboración propia. Totalidad de niveles de dirección a los cuales se aplicó el instrumento. DA = Alta Dirección, DM = Dirección Media, DO = Dirección Operativa

Tabla 4

Comunicación del propósito, estrategias, políticas y procesos de calidad por nivel de dirección

| Tendencia y variabilidad | Alta Dirección | Dirección Media | Dirección Operativa |
|--------------------------|----------------|-----------------|---------------------|
| Media | 2,5 | 3 | 2,45 |
| Mediana | 2 | 3 | 2,5 |
| Moda | 2 | 3 | 3 |
| Rango | 2 | 3 | 2 |
| Desviación estándar | 0,7071 | 0,7071 | 0,6048 |

Nota: Elaboración propia.

La tercera variable asociada, que esta relacionada con la PPEC por parte de los niveles de dirección, se observó que el tomar parte *frecuentemente* es el que más repite; tal como se exhibe en la Figura 5, existiendo una dispersión media alta en el ejercicio de esta actividad como se puede reflejar en la Tabla 5. Sin embargo, como se visualiza en la Figura 6 y Tabla 6, los niveles de DM suelen, en mayor cantidad, hacerlo *frecuentemente* y son más homogéneos en su ejercicio, en comparación con la AD que lo hacen *regularmente* y los DO *casi nunca*. A su vez, en estos últimos dos la desviación es alta.

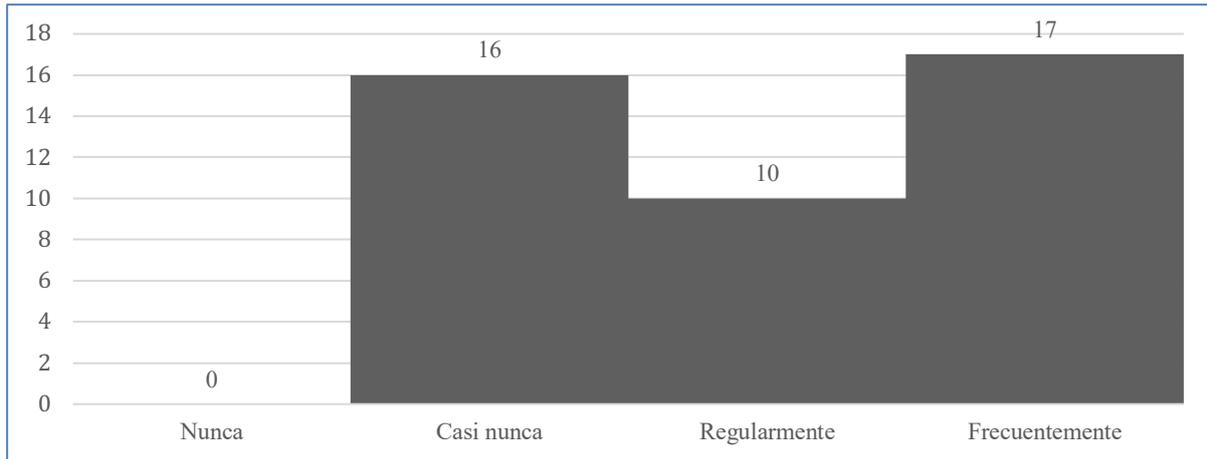


Figura 5. Participación en equipos o proyectos de mejora

Nota: Elaboración propia. Representa a la totalidad de los niveles de dirección a los cuales se aplicó el instrumento.

Tabla 5
Participación en equipos o proyectos de mejora

| Tendencia y variabilidad | Datos |
|--------------------------|--------|
| Media | 3,0232 |
| Mediana | 3 |
| Moda | 4 |
| Rango | 2 |
| Desviación estándar | 0,8860 |

Nota: Elaboración propia.

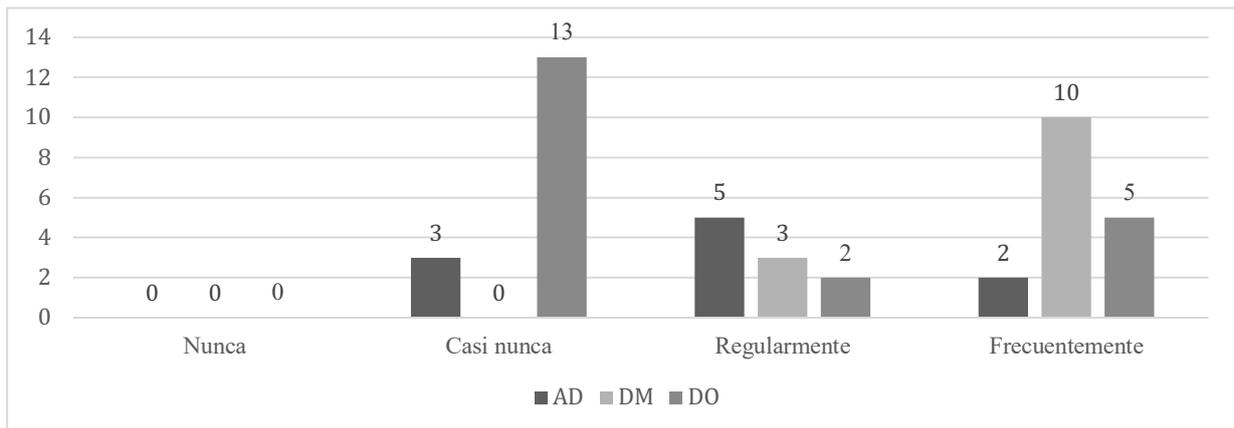


Figura 6. Participación en equipos o proyectos de mejora por nivel de dirección

Nota: Elaboración propia. Totalidad de los niveles de dirección a los cuales se aplicó el instrumento. AD= Alta Dirección, DM = Dirección Media, DO = Dirección Operativa

Tabla 6
Participación en equipos o proyectos de mejora por nivel de dirección

| Tendencia y variabilidad | Alta Dirección | Dirección Media | Dirección Operativa |
|--------------------------|----------------|-----------------|---------------------|
| Media | 2,9 | 3,7692 | 2,6 |
| Mediana | 3 | 4 | 2 |
| Moda | 3 | 4 | 2 |
| Rango | 2 | 1 | 2 |
| Desviación estándar | 0,7378 | 0,4385 | 0,8825 |

Nota: Elaboración propia.

La cuarta variable asociada al Liderazgo esta relacionada con el RPPEC. Se observó que el tomar parte regularmente es el que más se repite; tal como se exhibe en la Figura 7 existiendo una dispersión media alta en el ejercicio de esta actividad como se puede reflejar en la Tabla 7. Sin embargo, como se visibiliza en la Figura 8 y Tabla 8, los niveles de AD y DM suelen, en mayor cantidad, hacerlo regularmente, en comparación con los DO que lo hacen casi nunca. El comportamiento de los DM y DO son más homogéneos respecto a su actuación en esta acción de Liderazgo.

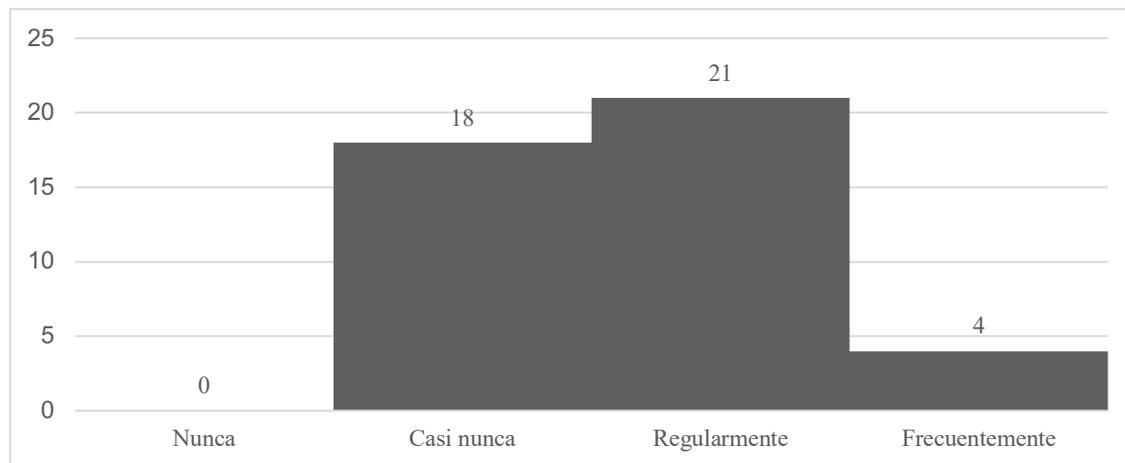


Figura 7. Reconocimiento al personal que promueve y aplica principios y estándares de calidad

Nota: Elaboración propia. Totalidad de los niveles de dirección a los cuales se aplicó el instrumento.

Tabla 7
Reconocimiento a promover y aplicar principios y estándares de calidad

| Tendencia y variabilidad | Datos |
|--------------------------|---------|
| Media | 2,6744 |
| Mediana | 3 |
| Moda | 3 |
| Rango | 2 |
| Desviación estándar | 0,64442 |

Nota: Elaboración propia.

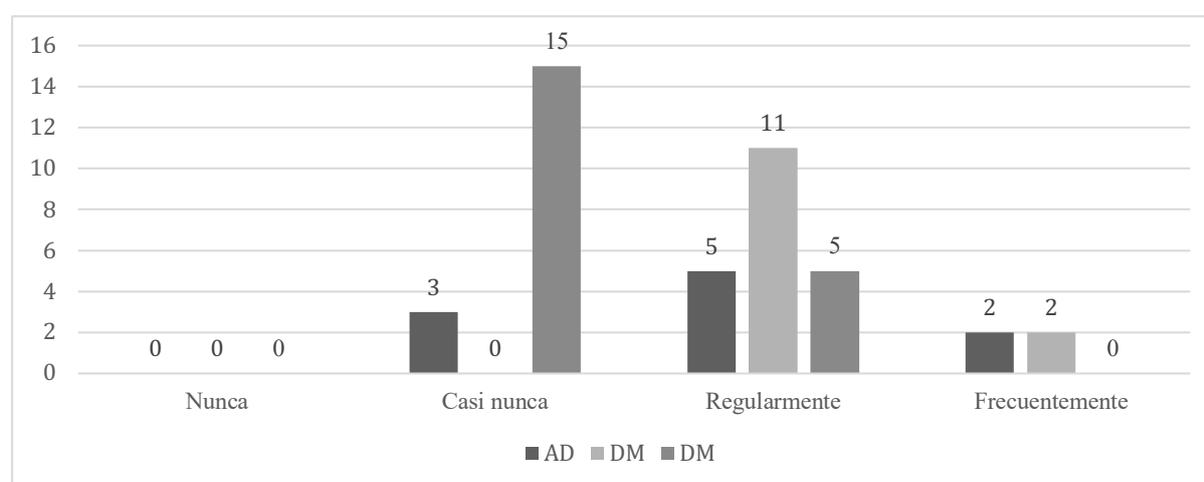


Figura 8. Reconocimiento a promover y aplicar principios y estándares de calidad

Nota: Elaboración propia. Totalidad de los niveles de dirección a los cuales se aplicó el instrumento. AD = Alta Dirección, DM = Dirección Media, DO = Dirección Operativa

Tabla 8
Reconocimiento a promover y aplicar principios y estándares de calidad por nivel de dirección

| Tendencia y variabilidad | Alta Dirección | Dirección Media | Dirección Operativa |
|--------------------------|----------------|-----------------|---------------------|
| Media | 2,9 | 3,1538 | 2,25 |
| Mediana | 3 | 3 | 2 |
| Moda | 3 | 3 | 2 |
| Rango | 2 | 1 | 1 |
| Desviación estándar | 0,7378 | 0,3755 | 0,4442 |

Nota: Elaboración propia.

La quinta variable asociada esta relacionada con la PAED del SGC. Se observó que el tomar parte *frecuentemente* es el que más repite; tal como se exhibe en Figura 9, existiendo una dispersión alta en el ejercicio de esta actividad como se puede reflejar en la Tabla 9. Sin

embargo, como se visualiza en la Figura 10 y Tabla 10, los niveles de DM suelen, en mayor cantidad, hacerlo *frecuentemente*, en comparación con los niveles AD que lo hacen regularmente y los DO que lo hacen *casi nunca*. El comportamiento de los niveles altos son más homogéneos respecto a su actuación en esta acción de *Liderazgo*, mientras que de los DM y DO son más dispersos.

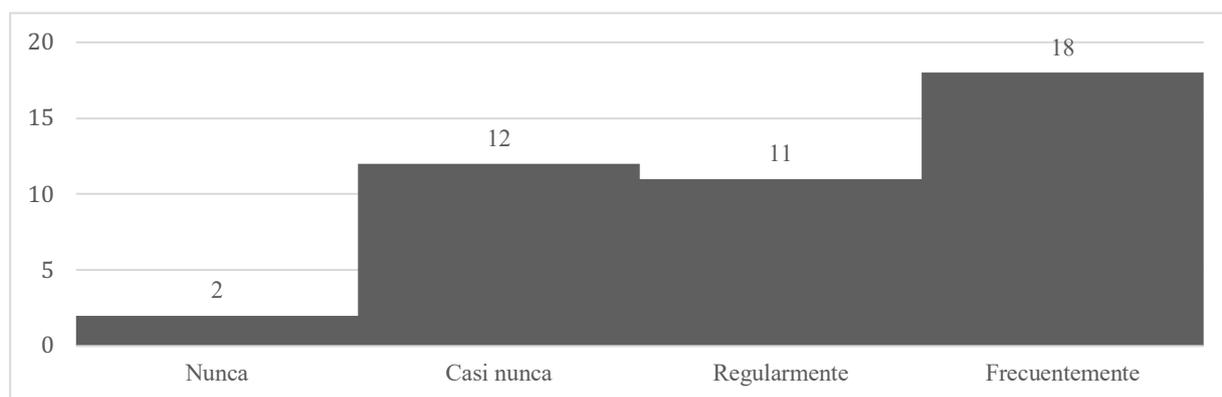


Figura 9. Participación en actividades de evaluación del desempeño del SGC

Nota: Elaboración propia. Representa a la totalidad de los niveles de dirección a los cuales se aplicó el instrumento.

Tabla 9

Participación en acciones de evaluación del desempeño del SGC

| Tendencia y variabilidad | Datos |
|--------------------------|--------|
| Media | 3,0465 |
| Mediana | 3 |
| Moda | 4 |
| Rango | 3 |
| Desviación estándar | 0,9500 |

Nota: Elaboración propia.

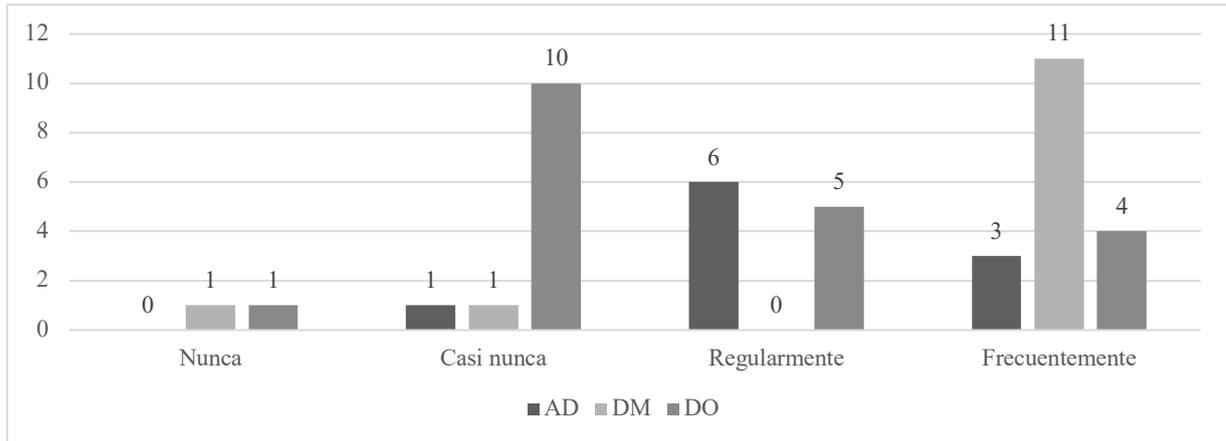


Figura 10. Participación en acciones de evaluación del desempeño del SGC por nivel de dirección

Nota: Elaboración propia. Totalidad de los niveles de dirección a los cuales se aplicó el instrumento. AD = Alta Dirección, DM = Dirección Media, DO = Dirección Operativa

Tabla 10

Participación en acciones de evaluación del desempeño del SGC por nivel de dirección

| Tendencia y variabilidad | Alta Dirección | Dirección Media | Dirección Operativa |
|--------------------------|----------------|-----------------|---------------------|
| Media | 3,2 | 3,6153 | 2,6 |
| Mediana | 3 | 4 | 2 |
| Moda | 3 | 4 | 2 |
| Rango | 2 | 3 | 3 |
| Desviación estándar | 0,6324 | 0,9607 | 0,8825 |

Nota: Elaboración propia.

La sexta variable asociada esta relacionada con el FDLP. Se observó que el tomar parte *regularmente* es el que más repite; tal como se exhibe en la Figura 11, existiendo una dispersión media alta en el ejercicio de esta actividad como se puede reflejar en la Tabla 11. Sin embargo, como se visibiliza en la Figura 12 y Tabla 12, los niveles de DM suelen, en mayor cantidad, hacerlo *frecuentemente*, en comparación con los niveles AD y DO que lo hacen *regularmente*. El comportamiento de los DM y DO son más homogéneos respecto a su actuación en esta acción de *Liderazgo*, mientras que de AD tienen una desviación media alta.

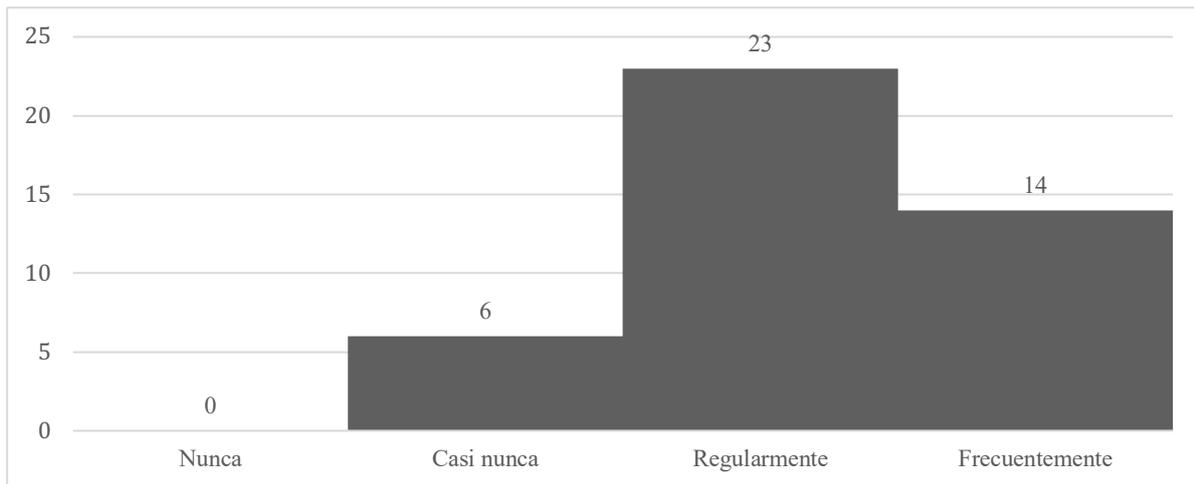


Figura 11. Fomento y desarrollo de liderazgos positivos

Nota: Elaboración propia. Representa a la totalidad de los niveles de dirección a los cuales se aplicó el instrumento.

Tabla 11
Fomento y desarrollo de Liderazgos positivos por nivel de dirección

| Tendencia y variabilidad | Datos |
|--------------------------|--------|
| Media | 3,1860 |
| Mediana | 3 |
| Moda | 3 |
| Rango | 2 |
| Desviación estándar | 0,6638 |

Nota: Elaboración propia.

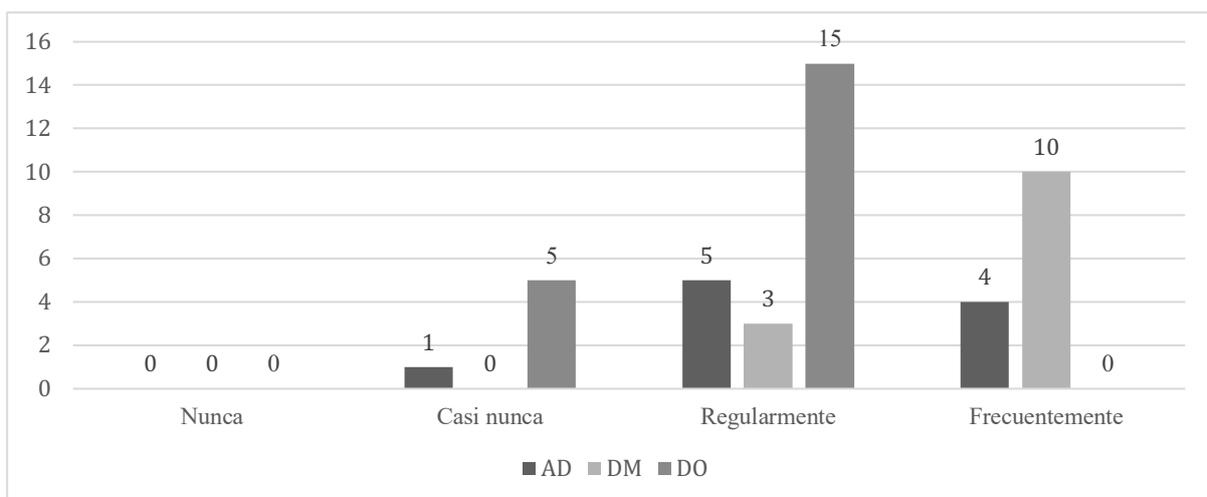


Figura 12. Fomento y desarrollo de liderazgos positivos por nivel de dirección

Nota: Elaboración propia. Totalidad de los niveles de dirección a los cuales se aplicó el instrumento. DA = Alta Dirección, DM = Dirección Media, DO = Dirección Operativa

Tabla 12
Fomento y desarrollo de liderazgos por nivel de dirección

| Tendencia y variabilidad | Alta Dirección | Dirección Media | Dirección Operativa |
|--------------------------|----------------|-----------------|---------------------|
| Media | 3,3 | 3,7692 | 2,75 |
| Mediana | 3 | 4 | 3 |
| Moda | 3 | 4 | 3 |
| Rango | 2 | 1 | 1 |
| Desviación estándar | 0,6749 | 0,4385 | 0,4442 |

Nota: Elaboración propia.

La séptima variable asociada al Liderazgo esta relacionado con la PTTR con la calidad de los productos y servicios. Se observó que el tomar parte regularmente es el que más repite; tal como se exhibe en la Figura 13 y Tabla 13 Priorización de temas relacionadas con la calidad del producto o servicio, existiendo una dispersión alta en el ejercicio de esta actividad como se puede reflejar en la Tabla 13. Como se visibiliza en la Figura 14 y Tabla 14, los niveles de DM suelen, en mayor cantidad, hacerlo *regularmente*. El comportamiento de los DM son más homogéneos respecto a su actuación en esta acción de *Liderazgo*, mientras que de los AD y DO tienen una desviación alta.

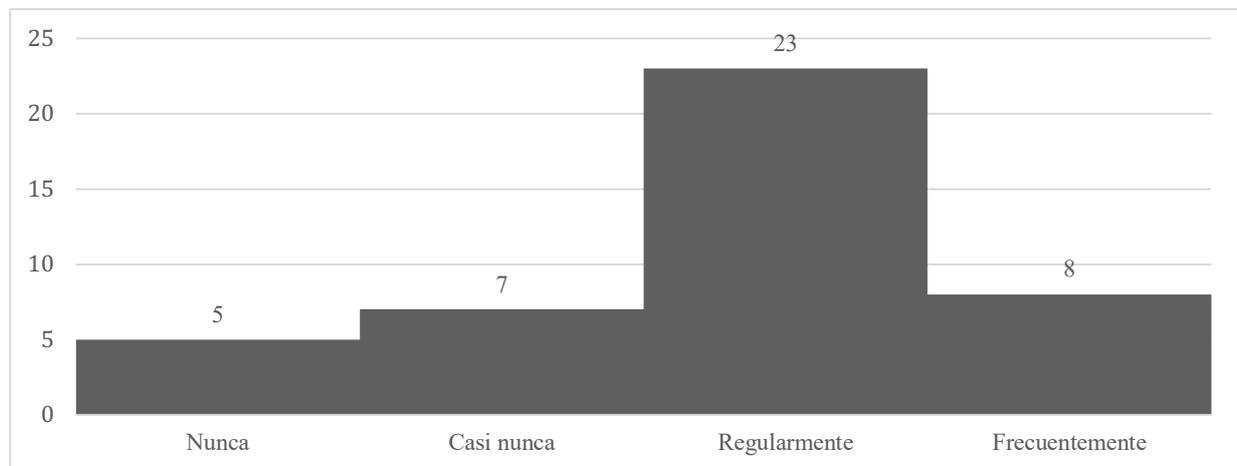


Figura 13. Priorización de temas relacionados con la calidad del producto u servicio

Nota: Representa a la totalidad de los niveles de dirección a los cuales se aplicó el instrumento.

Tabla 13
 Priorización de temas relacionados con la calidad del producto y servicio

| Tendencia y variabilidad | Datos |
|--------------------------|--------|
| Media | 2,7906 |
| Mediana | 3 |
| Moda | 3 |
| Rango | 3 |
| Desviación estándar | 0,8879 |

Nota: Elaboración propia.

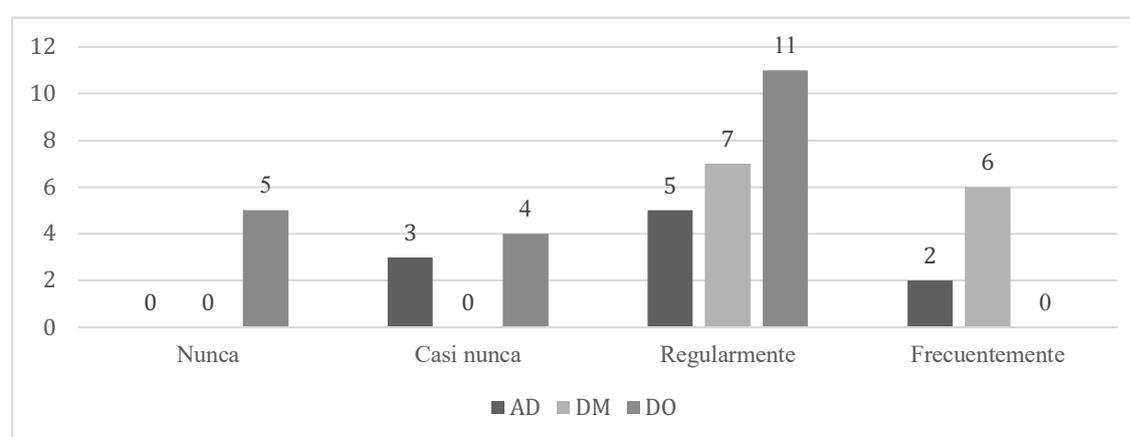


Figura 14. Priorización de temas relacionados con la calidad del producto y servicio por nivel de dirección.

Nota: Elaboración propia. Totalidad de los niveles de dirección a los cuales se aplicó el instrumento. AD = Alta Dirección, DM = Dirección Media, DO = Dirección Operativa

Tabla 14
 Priorización de temas relacionados con la calidad de productos y servicios

| Tendencia y variabilidad | Alta Dirección | Dirección Media | Dirección Operativa |
|--------------------------|----------------|-----------------|---------------------|
| Media | 2,9 | 3,4615 | 2,3 |
| Mediana | 3 | 3 | 3 |
| Moda | 3 | 3 | 3 |
| Rango | 2 | 1 | 2 |
| Desviación estándar | 0,7378 | 0,5188 | 0,8645 |

Nota: Elaboración propia.

La última variable asociada al *Liderazgo* esta relacionada con el FPFARORC. Se observó que el tomar parte *regularmente* es el que más se repite; tal como se exhibe en la Figura 15, existiendo una dispersión alta en el ejercicio de esta actividad como se puede reflejar en la Tabla 15. Como se visibiliza en la Figura 16 y Tabla 16, los niveles de AD y DM suelen, en mayor cantidad, hacerlo *regularmente*; mientras que los DO *casi nunca*. El comportamiento de

los DM es más homogéneo respecto a su actuación en esta acción de Liderazgo, mientras que los AD y DO tienen una desviación alta.

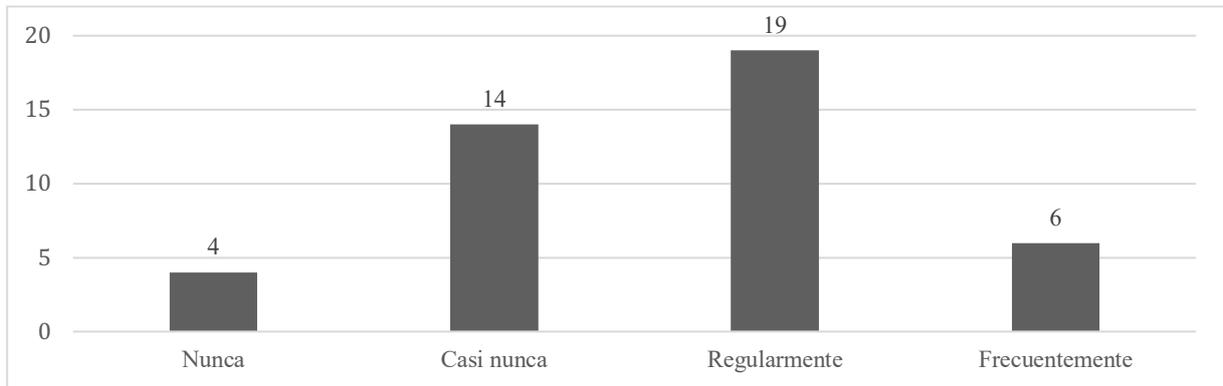


Figura 15. Fomento y proporción de formación para actuar con responsabilidad y obligación de rendir cuentas

Nota: Elaboración propia. Totalidad de los niveles de dirección a los cuales se aplicó el instrumento.

Tabla 15
Fomento y proporción de formación y recursos para actuar con responsabilidad y obligación de rendir cuentas

| Tendencia y variabilidad | Datos |
|--------------------------|--------|
| Media | 2,6279 |
| Mediana | 3 |
| Moda | 3 |
| Rango | 3 |
| Desviación estándar | 0,8458 |

Nota: Elaboración propia.

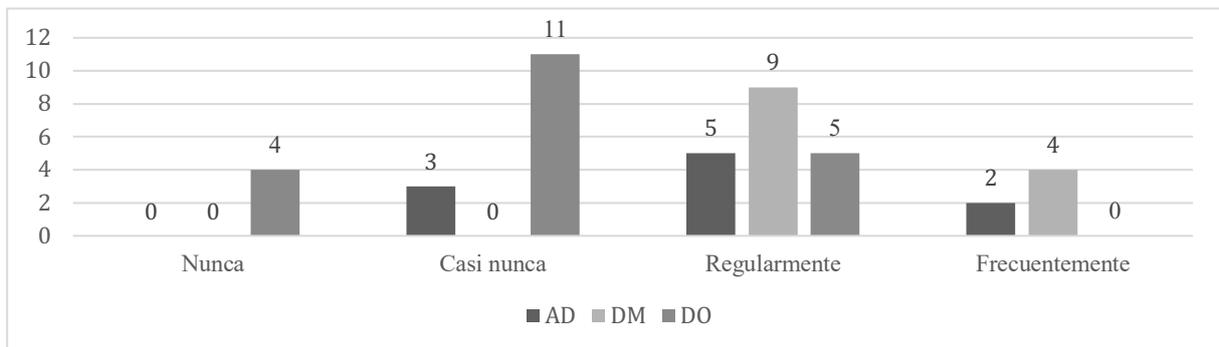


Figura 16. Fomento y proporción de recursos y formación para actuar con responsabilidad y obligación de rendir cuentas por niveles de dirección

Nota: Elaboración propia. Representa a la totalidad de los niveles de dirección a los cuales se aplicó el instrumento. DA = Alta Dirección, DM = Dirección Media, DO = Dirección Operativa

Tabla 16

Fomento y proporción de recursos y formación para actuar con responsabilidad y obligación de rendir cuentas por niveles de dirección

| Tendencia y variabilidad | Alta Dirección | Dirección Media | Dirección Operativa |
|--------------------------|----------------|-----------------|---------------------|
| Media | 2,9 | 3,3076 | 2,5 |
| Mediana | 3 | 3 | 2 |
| Moda | 3 | 3 | 2 |
| Rango | 2 | 1 | 2 |
| Desviación estándar | 0,7378 | 0,4803 | 0,6863 |

Nota: Elaboración propia.

Luego de realizar el análisis individual de los resultados de cada variable asociada al *Liderazgo*, que representan las acciones propuestas por el modelo 9000 para este fin, se puede contemplar que en la PPEC y la PAED de los SGC la categoría que más se repite de forma global es *frecuentemente*. Mientras que, en la CPEPP; el RPPEC; el FDLP; la PTTR; y el FPFAFRORC la categoría que más se repite de forma global es *regularmente*. Por último, la categoría que más se repite globalmente en lo relacionado con la FR es *casi nunca*. Se puede observar que ninguna de las acciones recomendadas por el modelo 9000 para el ejercicio del *Liderazgo* muestra una moda en la categoría *nunca*. Por lo cual, se puede decir que ninguna de las acciones de *Liderazgo* no se ejecuta por la mayor cantidad de los sujetos de estudio. En la Figura 17 se exhibe los datos globales de las medidas de tendencia central globales.

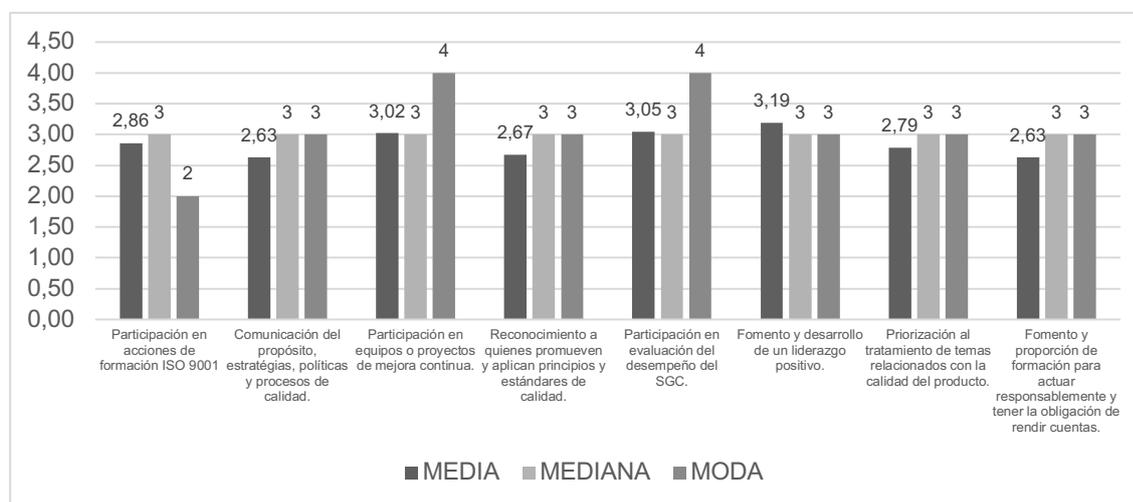


Figura 17. Medidas de tendencia global

Nota: Elaborado por el autor. Resumen de las medidas de tendencia central obtenidas para cada una de las dimensiones de la variable independiente. Si bien se presentó las tres principales (media, mediana y moda), la medida de referencia utilizada como principal es la Moda considerando que los datos no son normales.

A su vez, en la Figura 18. Medidas de variabilidad global se presenta el global de los rangos y la desviación estándar en los datos de cada una de las dimensiones de la variable independiente *Liderazgo*.

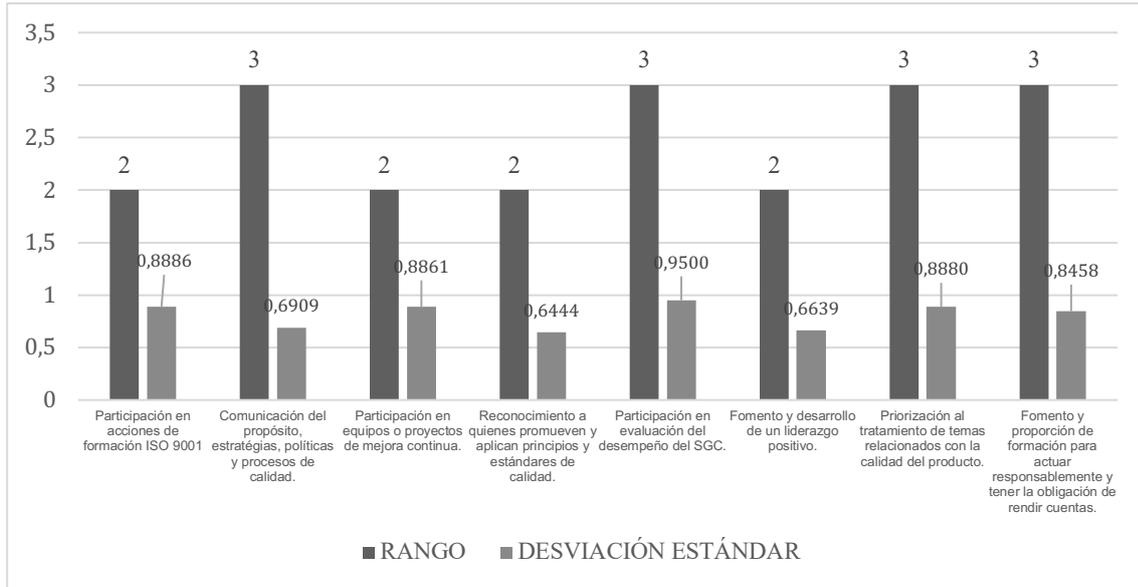


Figura 18. Medidas de variabilidad global

Nota: Elaborado por el autor. Se determinó el rango y la desviación estándar, como medidas de variabilidad, no se utilizó la varianza en el análisis debido que “para fines descriptivos se utiliza preferentemente la desviación estándar” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

En lo referente a si el *Liderazgo* tiene relación con el *EO*, basado en las acciones sugeridas por el modelo ISO 9000 para su ejercicio, determinando el Coeficiente de Correlación de Spearman, se procede a rechazar la H_0 y, por ende, aceptar H_1 . Entonces se puede afirmar que existe una relación entre el ejercicio del *Liderazgo*, bajo las acciones sugeridas por el modelo ISO 9000, y el *EO*. Los resultados de la prueba de la hipótesis se muestran en la Tabla 17. En la Tabla 18 se muestran los coeficientes de relación por variable. A su vez, en las Tabla 19, 20 y 21 se exhiben la categorización del ejercicio del liderazgo actual que ejecuta cada uno de los niveles de dirección en relación con las variables asociadas al *EO* en las cuales la correlación se considera positiva alta.

Tabla 17
Resultados de la prueba de la hipótesis

| Hipótesis | Decisión |
|---|-------------|
| (H1) Hipótesis alternativa: Las acciones para ejercer Liderazgo influyen positivamente en el éxito de las organizaciones con certificación ISO 9001. | Se acepta |
| (H0) Hipótesis nula: Las acciones para ejercer Liderazgo no influyen positivamente en el éxito de las organizaciones con certificación ISO 9001. | Se rechaza. |

Nota: Elaborado por el autor.

Tabla 18
Correlación entre el Liderazgo y el EO

| Liderazgo Dimensiones | EO Periodo 2017-2019 | | |
|-----------------------|--------------------------|-------------|-------------|
| | Satisfacción del cliente | Utilidades | Ventas |
| FR | 0,769933555 | 0,765176684 | 0,644707037 |
| CPEPP | 0,769933555 | 0,765176684 | 0,644707037 |
| PPEC | 0,802023558 | 0,745092117 | 0,771858955 |
| RPPEC | 0,749546965 | 0,682195711 | 0,686348535 |
| PAED | 0,750302024 | 0,778918756 | 0,702091513 |
| FLPD | 0,692804289 | 0,753737542 | 0,630738448 |
| PTTR | 0,73480444 | 0,72763138 | 0,701279825 |
| FPDPARORC | 0,741430082 | 0,686084265 | 0,713002114 |

Nota: Elaboración propia. Los coeficientes en color plomo oscuro representan una correlación positiva fuerte entre ambas dimensiones de las variables. Los coeficientes en color plomo claro representan una correlación positiva moderada.

Tabla 19
Liderazgo y su relación positiva y fuerte con la Satisfacción del cliente

| Acciones de Liderazgo basados en el modelo ISO 9000 | Periodo 2017-2019 | | |
|---|-------------------|-----------------|---------------------|
| | Alta dirección | Dirección Media | Dirección Operativa |
| FR | Débil | Muy Bueno | Débil |
| CPEPP | Débil | Bueno | Bueno |
| PPEC | Bueno | Muy Bueno | Débil |
| PAED | Bueno | Muy Bueno | Débil |

Nota: Elaborado por el autor. Para facilitar el análisis se utiliza la tabla 4.18 considerando la dimensión de la variable dependiente que se esta abordando. A su vez, para facilitar su interpretación se utiliza los siguientes términos según la categoría donde se encuentre la Moda identificada para cada dimensión: Nunca= Aporte Nulo, Casi Nunca= Aporte Débil, Regularmente= Bueno (a) y Frecuentemente= Muy bueno (a).

Tabla 20
Liderazgo y su relación positiva fuerte con las Utilidades

| Acciones de Liderazgo basados en el modelo ISO 9000 | Periodo 2017-2019 | | |
|---|-------------------|-----------------|---------------------|
| | Alta dirección | Dirección Media | Dirección Operativa |
| FR | Débil | Muy Bueno | Débil |
| CPEPP | Débil | Bueno | Bueno |
| PAED | Bueno | Muy Bueno | Débil |
| FDLP | Bueno | Muy Bueno | Bueno |

Nota: Elaborado por el autor. Para facilitar el análisis se utiliza la tabla 4.18 considerando la dimensión de la variable dependiente que se esta abordando. A su vez, para facilitar su interpretación se utiliza los siguientes términos según la categoría donde se encuentre la Moda identificada para cada dimensión: Nunca= Aporte Nulo, Casi Nunca= Aporte Débil, Regularmente= Bueno (a) y Frecuentemente= Muy bueno (a).

Tabla 21
Liderazgo y su relación positiva fuerte con las Ventas

| Acciones de Liderazgo basados en el modelo ISO 9000 | Periodo 2017-2019 | | |
|---|-------------------|-----------------|---------------------|
| | Alta dirección | Dirección Media | Dirección Operativa |
| PPEC | Bueno | Muy Bueno | Débil |

Nota: Elaborado por el autor. Para facilitar el análisis se utiliza la tabla 4.18 considerando la dimensión de la variable dependiente que se esta abordando. A su vez, para facilitar su interpretación se utiliza los siguientes términos según la categoría donde se encuentre la Moda identificada para cada dimensión: Nunca= Aporte Nulo, Casi Nunca= Aporte Débil, Regularmente= Bueno (a) y Frecuentemente= Muy bueno (a).

Discusión y conclusiones

Los niveles de DM tienen una mayor y frecuente participación en el ejercicio del *Liderazgo* en los SGC, desde la perspectiva de las acciones sugeridas por el modelo 9000. Debido a la correlación identificada entre las variables independiente y dependiente se debe fortalecer el ejercicio del *Liderazgo* en los AD y DO.

Con respecto a si se ejercen las acciones de *Liderazgo* sugeridas por el modelo ISO 9000 en los diferentes niveles de dirección, se puede evidenciar que si, aunque no con el mismo desempeño y protagonismo en cada uno de ellos.

La hipótesis nula se rechaza, por ende, se acepta la hipótesis alternativa, estableciendo que existe relación entre el ejercicio del *Liderazgo* y el *EO* de quienes certifican ISO 9001; lo cual conlleva a que se debe tomar conciencia de la importancia de desarrollar y mantener un liderazgo fuerte para influenciar en los resultados organizacionales esperados.

Las acciones de *Liderazgo* sugeridas por el modelo 9000 que tienen una relación positiva fuerte con respecto a la satisfacción del cliente son la FR; la CPEPP; la PPEC y la PAED del SGC.

Las acciones de *Liderazgo* sugeridas por el modelo 9000 que tienen una relación positiva fuerte con respecto a la satisfacción del cliente son la FR; la CPEPP; la PAED del SGC y el FDLP.

La única acción de *Liderazgo*, de las sugeridas por el modelo ISO 9000, que tiene una relación positiva fuerte con las ventas es la PPEC por parte de los niveles de dirección.

Debido a la correlación positiva fuerte que existe entre la FR con respecto a la satisfacción del cliente, se debe fomentar un mayor ejercicio de las acciones sugeridas por el modelo ISO 9000 para el *Liderazgo* de los niveles de AD y DO, los cuales se encuentran en mayor número en la categoría de *casi nunca*.

Debido a la correlación positiva fuerte que existe entre la CPEPP con respecto a la satisfacción del cliente, se debe fomentar un mayor ejercicio de las acciones sugeridas por el modelo ISO 9000 para el *Liderazgo* de los niveles de AD y DO los cuales se encuentran en mayor número en la categoría de *casi nunca*.

Debido a la correlación positiva fuerte que existe entre PPEC con respecto a la satisfacción del cliente, se debe fomentar un mayor ejercicio de las acciones sugeridas por el modelo ISO 9000 para el *Liderazgo* de los niveles AD y DO, los cuales se encuentran en mayor número en la categoría de *casi nunca*.

Debido a la correlación positiva fuerte que existe con la FR, con respecto a las utilidades, se debe fomentar un mayor ejercicio de las acciones sugeridas por el modelo ISO 9000 para el *Liderazgo* por parte de los niveles de AD y DO, los cuales se encuentran en mayor número en la categoría de *casi nunca*.

Debido a la correlación positiva fuerte que existe con la CPEPP con respecto a las utilidades, se debe fomentar un mayor ejercicio de las acciones sugeridas por el modelo ISO 9000 para el *Liderazgo* de los niveles de AD y DO, los cuales se encuentran en mayor número en la categoría de *casi nunca*.

Debido a la correlación positiva fuerte que existe entre PAED con respecto a la satisfacción del cliente, se debe fomentar un mayor ejercicio de las acciones sugeridas por el modelo ISO 9000 para el *Liderazgo* en los niveles DO, los cuales tienen una moda de *casi nunca*, en contraste con los niveles de DM con una moda de frecuentemente y la AD de *regularmente*.

Debido a la correlación positiva fuerte que existe entre PAED con respecto a las utilidades, se debe fomentar un mayor ejercicio de las acciones sugeridas por el modelo ISO 9000 para el *Liderazgo* en los niveles DO, los cuales tienen una moda de *casi nunca*, en contraste con los niveles de DM con una moda de frecuentemente y la AD de *regularmente*.

Debido a la correlación positiva fuerte que existe entre el FDLP con respecto a las utilidades, se debe fomentar un mayor ejercicio de las acciones sugeridas por el modelo ISO 9000 para el *Liderazgo* en los niveles AD y DO, los cuales tienen una moda de *regularmente*, en contraste con los niveles de DM con una moda de *frecuentemente*.

Debido a la correlación positiva fuerte que existe entre la PPEC con respecto a las ventas, se debe fomentar un mayor ejercicio de las acciones sugeridas por el modelo ISO 9000 para el *Liderazgo* en los niveles AD y DO, los cuales tienen una moda de *regularmente* y *casi nunca*, en contraste con los niveles de DM con una moda de *frecuentemente*.

La presente investigación ha permitido una aproximación al estudio del *Liderazgo* en los SGC propuestos por el modelo ISO 9000; y su afectación en el Éxito de las organizaciones que lo adoptan. Ahora bien, es preciso reconocer además la existencia de una serie de limitaciones; así como, proponer algunas recomendaciones de cara a la realización de futuros estudios.

Una limitación importante del trabajo gira en torno al instrumento principal de recolección de datos que se empleo. El número y extensión de las preguntas incluidas en el cuestionario, ya que a objeto de motivar la respuesta se estimo adecuado no adicionar más ítems que los específicos relacionados con las acciones para ejercer el *Liderazgo* según el modelo ISO 9000. Esto no permitió poder hacer algunas otras preguntas que pudieron haber enriquecido el trabajo. A su vez, debido a la pandemia global, y las restricciones de circulación dadas, no

permitió realizar una recolección de datos (a partir de la aplicación del cuestionario) de forma presencial, lo cual hubiese facilitado la explicación y complementación de un mayor número de interrogantes. Como el instrumento tuvo que ser auto-administrado, debería ser sencillo y corto. Es por esto que se recomienda, perfeccionar este estudio con instrumentos más extensos cuando la coyuntura global lo permitan y complementarlo con estudios cualitativos para profundizar sobre la percepción y comportamientos relacionados con el *Liderazgo*.

Otra importante limitación es el hecho de aplicar el instrumento de recolección de datos solamente a los niveles de dirección de las organizaciones del sector de estudio. Poder conocer la percepción por parte de los liderados y contrastar dicha información debe ser un estudio que complemente posteriormente este. Debido a que los trabajadores de este tipo de sector no utilizan equipos de computación o tienen acceso a internet para ejecutar su trabajo, era necesario realizar una recolección de información in situ directamente. Aspecto que no se ejecutó por razones de bioseguridad.

Si bien se consideró el universo de las EIPAT, para poder generalizar las conclusiones a las que se arribó con el presente estudio es importante ampliar a un número más representativo de empresas; empezando por sectores con cierta similitud en la forma de trabajo.

Se abordó *Liderazgo* desde la perspectiva y acciones de ejercicio sugeridas por el modelo 9000, bajo la premisa que el mismo influye en el éxito de los SGC; sin embargo, se limitó a identificar y analizar que las acciones de los niveles de dirección estén o no en coherencia con las establecidas en la norma, y determinar si existe o no una influencia sobre el éxito. Sin embargo, no se consideró los otros 6 principios de gestión de la calidad; los cuales podrían influenciar también en el *EO*; así como, otras acciones para ejercer *Liderazgo* complementarias a las establecidas en el modelo 9000.

Referencias

- Benavides, C. (2017). Estilos de liderazgo en las redacciones chilenas: estudio de la autopercepción de los directivos. *Cuadernos, info*, 41, 123-140. <https://doi.org/10.7764/cdi.41.1133>.
- Benzaquen, J. y Convers, J. (2015). El ISO 9001 y TQM en las empresas de Colombia. *Globalización. Competitividad y Gobernabilidad*, 9(3), 107-128. <http://doi.org/10.3232/GCG.2015.V9.N3.05>.
- Blanchard, K. (2016). *Liderazgo al más alto nivel*. Editorial Norma.
- Botello, H. A. (2016). Las certificaciones de calidad y la internacionalización de las firmas industriales colombianas. *Suma de Negocios*, 7(16), 73-81. <http://doi.org/10.1016/j.sumneg.2016.02.009>
- Casadeús Fa, M., Heras Saizarbitoria, I., y Díaz de Cerio, J. M. (2005). *Calidad Práctica*. FT Prentice Hall.
- Chiavenato, I. (2017). *Administración de Recursos Humanos*. McGraw Hill.
- Colan, L. (2010). *Desempeño en tiempos difíciles*. McGraw-Hill Interamericana.
- Fonseca, L. (2015). From quality gurus and TQM to ISO 9001:2015: A review of several quality paths. *International Journal for Quality Research*, 9(1), 167-180.
- Fontalvo, T., Vergara, J. C. y De la Hoz, E. (2012). Evaluación del impacto de los sistemas de gestión de la calidad en la liquidez y rentabilidad de las empresas de la Zona Industrial Vía 40. *Pensamiento y Gestión*, 32, 165-189.
- Godoy, R. y Bresó, E. (2013). ¿Es el liderazgo transformacional determinante en la motivación intrínseca de los seguidores?. *Journal of Work and Organizational Psychology*, 29(2), 59-64. <http://dx.doi.org/10.5093/tr2013a9>.
- González, Y. P. (octubre de 2015). Las normas reflejan lo que el mundo pide a cualquier organización (A. Alba, Entrevistador). ICONTEC: *Revista Estándares*. https://issuu.com/icontec_internacional/docs/revista_est_ndaes
- Govindarajan, R. (2012). *La excelencia en el sector sanitario con ISO 9001*. McGraw-Hill. <https://elibro.net/es/lc/bibliotur/titulos/50186>
- International Organization for Standardization - ISO. (2019a). *The ISO Survey of Management System Standard Certifications 2019*. ISO. <https://www.iso.org/the-iso-survey.html>

- International Organization for Standardization - ISO. (2019b). *ISO Survey of Management System Standard Certifications 2019 - Industrial Sectors: Industrial sectors per countries - data for 2018*.
<https://isotc.iso.org/livelink/livelink?func=ll&objId=18808772&objAction=browse&viewType=1>
- Iqbal, N., Anwar, S. y Haider, N. (2015). Effect of leadership style on employee performance. *Arabian Journal of Business and Management Review*, 5, 1-6. <https://doi.org/10.4172/2223-5833.1000146>.
- Manders, B., de Vries, H. y Blind, K. (2016). ISO 9001 and product innovation: A literature review and research framework. *Technovation*, 48-49, 41-55.
<http://doi.org/10.1016/j.technovation.2015.11.004>
- Marín, L. M. (2013). Gestión de la Calidad Total e indicadores no financieros: reflejo del valor de la certificación ISO 9001:2000. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 22(2), 97-106. <http://doi.org/10.1016/j.redee.2012.11.002>
- Medina, F., López, A. y Ruiz, C. (2017). Sistema de Gestión ISO 9001-2015: Técnicas y herramientas de ingeniería de calidad para su implementación. *Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 17(1), 59-69.
- Mendoza, I., García, B. y Uribe, J. (2014). Liderazgo y su relación con variables de resultado: un modelo estructural comparativo entre liderazgo transformacional y transaccional en una empresa de entretenimiento en México. *Acta de Investigación Psicológica*, 4(1), 1412-1429
[https://doi.org/10.1016/S2007-4719\(14\)70384-9](https://doi.org/10.1016/S2007-4719(14)70384-9).
- Morelos, J., Fontalvo, T. y Vergara, J. (2013). Incidencia de la certificación ISO 9001 en los indicadores de productividad y utilidad financiera de empresas de la zona industrial de Mamonal en Cartagena. *Estudios Gerenciales*, 29(126), 99-109. [https://doi.org/10.1016/S0123-5923\(13\)70025-1](https://doi.org/10.1016/S0123-5923(13)70025-1).
- Palazzeschi, L., Bucci, O. y Di Fabio, A. M. (2018). High entrepreneurship, leadership, and professionalism (HELP): a new resource for workers in the 21 st century. *Frontiers in Psychology*, 9, 1-8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01480>.
- Qian, J., Song, B., Jin, Z., Wang, B. y Chen, H. (2018). Linking empowering leadership to task performance, taking charge, and voice: the mediating role of feedbackseeking. *Frontiers in Psychology*, 9, 1-11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.0202>.
- Robbins, S., y Timothy, J. (2017). *Comportamiento organizacional*. Pearson educación.
- Rodríguez, F. (2012). Incidencia de la norma ISO 9000 en Colombia y en algunas empresas del mundo. *Revista Ciencias Estratégicas*, 20(27), 149-160.
- Roncancio, M. A., Castro, J. A. y Rivera, A. (2015). Análisis comparativo de las normas ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 y OHSAS 18001:2007, para su aplicación integral en procesos de construcción para empresas de Ingeniería Civil. *Respuestas*, 20(1), 95-11.
- Sousa, M. y Rocha, A. (2019). Leadership styles and skills developed through game-based learning, *Journal of Business Research*, 94, 360-366. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.01.057>
- Summers, D. (2006). *Administración de la calidad*. Pearson Educación.
- Tyssen, A., Wald, A. y Heidenreich, S. (2014). Leadership in the context of temporary organizations: a study on the effects of transactional and transformational leadership on followers' commitment in projects. *Journal of Leadership & Organizational Studies*, 21(4), 376-393.
<https://doi.org/10.1177/1548051813502086>.
- Vnders, B., de Vries, Henk, J. y Blind, K. (2016). ISO 9001 and product innovation: A literature review and research framework. *Technovation, Elsevier*, 48, 41-55.
- Youssef, C. y Luthans F. (2012). Of psychological empowerment and Positive global leadership. *Journal core self-evaluations and the mode of World Business*, 47(4), 539-547.
<https://doi.org/10.1016>

Fecha de recepción: 05/04/2021

Fecha de revisión: 25/05/2021

Fecha de aceptación: 22/05/2021

Cómo citar este artículo:

Cruz Arellano, M. & Castillo Tellez, M. (2021). Planteamiento de un modelo energético descriptivo aplicable a la instalación de sistemas solares fotovoltaicos interconectados a la red mediante generación distribuida: caso de estudio en Nuevo Laredo. *Project, Design and Management*, 3(1), 112-137. doi: 10.29314/pdm.v3i1.587.

**PLANTEAMIENTO DE UN MODELO ENERGÉTICO
DESCRIPTIVO APLICABLE A LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS
SOLARES FOTOVOLTAICOS INTERCONECTADOS A LA RED
MEDIANTE GENERACIÓN DISTRIBUIDA: CASO DE ESTUDIO
EN NUEVO LAREDO**

Martin Cruz Arellano

Universidad Internacional Iberoamericana (México)

mcruzautnl@outlook.com · <https://orcid.org/0000-0003-0623-5217>

Margarita Castillo Tellez

Universidad Autónoma de Campeche (México)

mcastill@uacam.mx · <https://orcid.org/0000-0001-9639-1736>

Resumen. El consumo de energía a nivel mundial continúa incrementándose debido al aumento demográfico y desarrollo tecnológico, sin embargo, el 73 % de la energía utilizada proviene de fuentes fósiles altamente contaminantes para el planeta y cuyas reservas mundiales se reducen aceleradamente, utilizando únicamente un porcentaje menor de energías limpias o renovables que mitiguen el calentamiento global, el cambio climático y aseguren la sustentabilidad energética mundial. Conscientes de esta problemática nacional y mundial, se propone un modelo energético descriptivo que incluya metodológicamente los pasos a seguir para determinar la viabilidad de instalar sistemas solares fotovoltaicos en cualquier región del mundo, mediante el análisis del recurso energético renovable disponible, de las variables medioambientales y eléctricas y, de los recursos humanos, materiales y financieros. El modelo propuesto se desarrolla y diseña mediante la recopilación, integración y análisis de diversas fuentes y trabajos de investigación relacionados al tema, conjuntado como un sistema integral que muestra gráficamente y describe los bloques de información que deben considerarse. Como un caso particular de estudio el modelo se aplica en Nuevo Laredo, para demostrar que existen las condiciones necesarias para instalar sistemas fotovoltaicos. Se considera la medición de variables in situ mediante instrumentos especiales y las obtenidas de bases de datos o software especial, se analizan y se comparan con normas, especificaciones de fabricantes, regulaciones y parámetros de referencia, lo que permite determinar la viabilidad de la región para instalar sistemas solares fotovoltaicos. Finalmente, la aplicación del modelo requiere elaborar un reporte técnico de los resultados obtenidos.

Palabras clave: Sistema fotovoltaico, generación distribuida, modelo energético, radiación solar, variables meteorológicas.

PROPOSAL OF A DESCRIPTIVE ENERGY MODEL APPLICABLE TO THE INSTALLATION OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS INTERCONNECTED TO THE GRID THROUGH DISTRIBUTED GENERATION: CASE STUDY IN NUEVO LAREDO

Abstract. World energy consumption continues to increase due to population growth and technological development; however, 73 % of the energy used comes from fossil sources highly polluting for the planet, whose world reserves are being rapidly reduced. Using at least a smaller percentage of renewable energy could mitigate global warming and climate change and ensure global energy sustainability. Aware of this national and global problem, a descriptive energy model is proposed that methodologically includes the steps to follow to determine the viability of installing photovoltaic solar systems in any region of the world, through the analysis of the renewable energy resource available, of the environmental and electrical variables and, human, material and financial resources. The proposed model is developed and designed to collect, integrate, and analyze various sources and research work related to the joint subject as a comprehensive system that graphically displays and describes the information blocks to be obtained. As a particular case study, the model is applied in Nuevo Laredo, concluding that the necessary conditions exist to install photovoltaic systems. The measurement of variables in situ using special instruments and those obtained from databases or special software is considered. They are analyzed and compared with standards, manufacturer specifications, regulations, and reference parameters, making it possible to determine the region's viability to install photovoltaic solar systems. Finally, the application of the model requires preparing a technical report of the results obtained.

Keywords: photovoltaic system, distributed generating, energetic model, solar radiation, meteorological variables.

Introducción

Actualmente el consumo energético mundial ha tenido un crecimiento de 13,975 Mtoe, donde el 73 % proviene de fuentes fósiles y el 27 % de energías renovables (ENERDATA, 2020), alcanzando el consumo un incremento mundial de energía del 2.35 % en el año 2018 (World Energy Markets Observatory, 2019) y, en México a inicios del año 2018 solo quedaban 6,464 millones de barriles de petróleo como reservas probadas (Kühne et al., 2019), los cuales alcanzan para 9 años según los consumos actuales. Adicionalmente el aumento en los últimos 10 años del costo de las tarifas eléctricas (Flores Contreras, 2018, p. 32), obliga a buscar alternativas de ahorro de electricidad que reduzcan el consumo y emisiones de CO₂.

Bajo estas condiciones, aunque algunos países de diversas regiones del mundo ya están implementando programas que coadyuven a la sustentabilidad y sostenibilidad energética mediante las energías renovables, aún existe mucha área de oportunidad, particularmente en México por sus altos índices de radiación solar en todo su territorio según datos del Sistema de Información Geográfica para las Energías Renovables en México y del Observatorio de Radiación Solar del Instituto de Geofísica de la UNAM (Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2010). Observando valores de irradiación en la mayoría de los estados superior a los 5 kW/m² alcanzando valores máximos de 6.89 kW/m², reflejando la gran cantidad de recurso solar disponible en la mayor parte del año. Esta ventaja competitiva de México motiva a la generación de energía eléctrica mediante la implementación de sistemas solares fotovoltaicos de generación distribuida.

Adicionalmente, en la actualidad se ha alcanzado la “paridad de red”, que significa que los sistemas fotovoltaicos (SFV) son económica y ambientalmente competitivos y superiores a los sistemas de producción de energía convencionales.

El calentamiento global, la contaminación ambiental y la creciente necesidad de energía que demandan las regiones debido al crecimiento demográfico y a su desarrollo tecnológico, obliga a buscar soluciones que aseguren su disponibilidad a precios competitivos. Particularmente el caso de Nuevo Laredo situado en la región de la cuenca de Burgos, donde existen grandes yacimientos de gas y petróleo, que para extraerlo las empresas demandan gran cantidad de energía, lo que motiva al desarrollo de este tipo de estudios. Por esta razón el gobierno de Tamaulipas tiene mucho interés en formar capital humano altamente capacitado para realizar estudios y proyectos energéticos, proveer de energía a las empresas que pudieran instalarse en la ciudad con el objetivo de extraer estos recursos del subsuelo.

Como una respuesta al problema descrito, se plantea el desarrollo de un modelo energético descriptivo que permita determinar la viabilidad para instalar, interconectar a la red y optimizar SFV de generación distribuida en cualquier región del mundo. Logrando esto mediante el análisis de las variables de entrada/salida de SFV con capacidades desde 1 kW y menores a 0.5 MW, identificando los tipos de instalaciones fotovoltaicas (FV), considerando el dimensionamiento de los componentes, materiales y equipos FV, así como los recursos humanos, materiales, financieros y las especificaciones y normatividad aplicable

Actualmente no existe una metodología que englobe y describa en un solo bloque los aspectos más relevantes considerados en el diseño de SFV, aun existiendo información de diversas fuentes como estudios, proyectos, informes técnicos, modelos teóricos, tesis doctorales u otras fuentes en temas afines. La mayoría tratan sobre temas específicos sin una visión global de los factores que intervienen, lo cual posibilita la exclusión de variables o aspectos importantes que deban considerarse, ya que omitirlos ocasionaría un diseño final incompleto afectando la operación del SFV.

La tabla 1 hace mención a trabajos de investigación tomados como referencia y describe los aspectos adicionales que se consideran en el modelo energético propuesto que no son abordados en estos trabajos y, que son relevantes considerar en el diseño y puesta en marcha de SFV interconectados (SFVI) de generación distribuida.

Tabla 1

Comparativo de estudios de referencia y el modelo propuesto en el presente estudio

| Modelos y estudios de referencia | Problemática que atienden | Aspectos adicionales que atiende el modelo propuesto |
|--|--|--|
| Modelo de planificación energética sostenible usando técnicas de optimización multicriterio (Falcón Roque, 2018). | Planificación energética de una región con energías renovables aplicando técnicas multicriterio y considerando el acceso universal a la energía en comunidades rurales aisladas, tomando en cuenta aspectos económicos, sociales y medioambientales, formulando análisis abstractos mediante funciones objetivo para maximizar el uso de energías renovables sobre las provenientes de recursos fósiles, reducir las emisiones contaminantes, minimizar los costos y sugerir la mejor fuente renovable para cierta región. | El modelo propuesto considera el análisis del recurso renovable y las variables medioambientales locales, cuya valoración determina si es viable o no instalar sistemas de energías renovables en la región. El modelo de planificación energética analiza de manera general diferentes tipos de recursos energéticos renovables de la región enfatizando en aspectos tecnológicos, de aplicación, de planificación y ambientales sin considerar mediciones in situ ni el análisis detallado y comparativo cada variable que afecta la generación de energía según el recurso energético disponible. |
| El estudio “Energía solar fotovoltaica, competitividad y evaluación económica, comparativa y modelos” (Collado Fernández, 2009). | Analiza de manera general el estado actual de la energía solar fotovoltaica en el mundo: capacidad instalada, demanda, generación, su contribución en la reducción de gases de efecto invernadero, marco regulatorio, costos vs la energía a base del gas, usuarios y el retorno de la inversión. | El modelo propuesto considera además de estos aspectos el análisis detallado de cada variable de la región que afecta la generación del SFV, lo que permite determinar la viabilidad de su implementación. |
| El estudio “Contribución a la integración de sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica: recurso solar y producción de generación” (Masa Bote, 2014). | Analiza la predicción de generación de energía eléctrica en la integración de sistemas fotovoltaicos en edificios en entornos urbanos en comparación con sistemas centralizados, considerando afectaciones por sombras y modelos de predicción meteorológica. | El modelo de referencia se centra principalmente en el análisis de pérdidas por sombras y analiza la radiación, el efecto de la temperatura y la eficiencia del inversor en la generación de electricidad, sin considerar otras variables como la velocidad del viento, la humedad, la precipitación, la normatividad aplicable y demás recursos humanos, materiales y financieros que si son señalados en el modelo propuesto. |
| El estudio “Análisis de factibilidad para la instalación de un sistema de energía limpia mediante celdas fotovoltaicas para la alimentación eléctrica del edificio 4 en el ITSLV” (Hernández Gallegos, 2017) | Analizar la factibilidad de instalar un sistema de energía limpia mediante celdas fotovoltaicas que provea de electricidad al edificio 4 del Instituto Tecnológico Superior de la Venta, a fin de reducir los costos por concepto de facturación de energía eléctrica, considerando los tipos de tecnologías de celdas fotovoltaicas, consumos energéticos, espacios disponibles y el costo beneficio. | Aunque el estudio de referencia incluye aspectos señalados en el modelo propuesto, no hace referencia al análisis detallado de algunas variables medioambientales que afectan la generación de los SFV como la humedad, la precipitación pluvial y el granizo, sino más bien enfatiza sobre el costo beneficio del SFV en su conjunto. Aunque señala aspectos sobre la velocidad del viento no hace referencia a especificaciones de fabricantes que deben cumplirse que asegure la operación continua del SFV, tal como se indica en el modelo que se propone. |

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Método

Diseño

El diseño y desarrollo del modelo energético se definió mediante la investigación conceptual, estudios, mediciones y análisis de proyectos FV, integrando toda esta

información en un solo bloque funcional. El modelo relaciona diversos aspectos y variables de entrada/salida que intervienen en la generación de energía eléctrica FV, describiendo la forma en que cada variable afecta el proceso de generación FV, permitiendo reducir las afectaciones y mejorar la eficiencia global del SFV.

La aplicación ordenada y metodológica del modelo permite obtener, graficar, analizar y comparar los valores de las variables de la región bajo estudio, con las normas aplicables y las especificaciones de fabricantes de componentes FV, incluyendo el dimensionamiento de dichos componentes y las regulaciones de interconexión.

La metodología del modelo implica elaborar un reporte técnico con los resultados obtenidos, el cual permite inferir si es factible o no instalar SFV en una región particular, o bien, si es posible optimizar la generación de energía del SFV en caso de estar operando.

Como caso particular el modelo se aplica para demostrar que en Nuevo Laredo, Tamaulipas, México, el recurso solar, los parámetros meteorológicos y demás componentes que incluye el modelo, son los adecuados para instalar SFV de generación distribuida, promoviendo además el uso de energías renovables y mitigando la contaminación ambiental de la ciudad, debido al cruce diario entre México y Estados Unidos de más de 12,930 camiones de carga (Duarte, 2017) que consumen diesel altamente contaminante. Nuevo Laredo se ubica en el margen sur del Río Bravo límite fronterizo entre México y los Estados Unidos de América, con 405,000 habitantes según el censo de 2018. El clima es el más seco y extremo del estado, una temperatura promedio anual de 22,6 °C con grandes oscilaciones que varían desde los 2.5 °C en invierno, hasta los 40.50 °C en verano; su precipitación pluvial media anual es de 472,5 mm y los vientos predominantes provienen del sur.

Para el estudio se consideran dos SFV, uno de 3 kW y otro de 4 kW ubicados en diferentes puntos de la ciudad, ambos SFV usan tecnología policristalina e inversores centrales de las capacidades mencionadas.

Participantes.

El recurso humano integrado por profesores investigadores, estudiantes y mediante el apoyo de algunas dependencias del gobierno para facilitar información y, de particulares propietarios de SFV usados en el estudio. Adicionalmente, las facilidades de la Universidad Tecnológica de Nuevo Laredo para realizar pruebas en los SFV y mediciones con equipos de laboratorio.

Instrumentos.

Las variables definidas en el modelo se recopilan mediante formatos ad hoc y se comprueban con los instrumentos mostrados en la tabla 2:

Tabla 2
Instrumentos para la recopilación de los datos

| Equipo | Descripción | Rango de operación |
|---|---|--|
| Uso de Tablas ad hoc o de formatos oficiales existentes. | Para la recogida de los datos medidos in situ y, los obtenidos mediante software o de bases de datos. | Aplicable a todas las variables. |
| Dos SFV usados como muestra. | Con tecnología policristalina, para la toma in situ de variables eléctricas de entrada/salida. | SFV de 3 kW y 4 kW. |
| Multímetro Fluke. | Para mediciones del voltaje y de la corriente eléctrica. | CAT III, 600V, VCA \pm (1,0 %+3), VDC \pm (0,5 %+2). |
| Medidor de radiación solar. | Marca Amprobe modelo Solar-100. | Rango: 1999 W/m ² ; precisión de \pm 5-10 W/m ² ; resolución 0.1W/m ² . |
| Analizador de la calidad de la energía Fluke 434-II (ACE-Fluke 434-II). | Para medir la variable de distorsión armónica, potencia y energía eléctrica generada por los SFV. | Precisiones: Tensión: 0.5 % del voltaje nominal, Corriente: 0.5 %, Potencia: 1 %, Frecuencia: 0.01 Hz). |
| Estación meteorológica. | Modelo PCE-FWS 20 con acceso remoto de datos desde una PC. | Resolución 0.1 °C (0.2 °F); rango de temperatura -40 °C - +65 °C, rango de la velocidad del viento 0 – 240 km/h (0 ~ 100 mph). |

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los datos

Los datos de cada variable medida in situ son graficados para su análisis comparativo e interpretación, observando tendencias mensuales y anuales, infiriendo el grado de afectación en la generación del SFV y proponiendo acciones de mejora del sistema bajo estudio, el análisis permite:

- a. Observar tendencias, comportamientos, medias, rangos y límites,
- b. Establecer comparaciones con las normas aplicables y especificaciones de los fabricantes para optimizar el SFV,
- c. Sugerir acciones de mejora, proponiendo equipos y materiales que soporten las condiciones climatológicas de la región asegurando un buen funcionamiento durante la vida útil del SFV,
- d. Emitir recomendaciones o rediseñar el SFV para que opere óptimamente.

VARIABLES

Las variables descritas en el modelo son analizadas y graficadas para determinar su impacto en la generación FV, los datos obtenidos con instrumentos de medición y los obtenidos de fuentes oficiales como RetScreen, Meteonorm, CONAGUA u otras fuentes disponibles en internet, son registrados en tablas ad hoc.

Las variables definidas en el modelo son del tipo cuantitativas (Hernández Sampieri et al., 2010), se toman múltiples mediciones en varios momentos, analizándose gráficamente para conocer su impacto y tomar acciones que optimicen la generación FV, como se menciona en estudios relacionados (Caamaño Martín, 1998) y en (García Barrios, 2018). Estudios similares analizan las variables medioambientales y sus efectos en los SFV (Vigil Galán et al., 2018).

VARIABLES DE ENTRADA DEL SFV

Son variables meteorológicas y de irradiación solar disponibles en la región bajo estudio, analizadas durante la etapa de diseño del SFV para conocer su tendencia y, que pueden ser determinantes para instalar SFV en un determinado lugar, refiérase a la tabla 3.

Tabla 3
Variables de entrada del sistema fotovoltaico

| |
|---|
| <p>a. La irradiación solar (G) medida en kWh/m², variable independiente cuantitativa y continua.</p> <p>Se obtienen mediciones promedio diarias in situ mediante el sistema de monitoreo Apsystem de dos SFV usados como muestra durante los 12 meses del año y, de datos promedio mensual de otras fuentes como RetScreenExpert y Meteonorm V7.1, el promedio determina si la región cuenta con suficiente radiación solar que garantice una generación FV óptima.</p> |
| <p>b. La temperatura ambiente (T) medida en °C, variable independiente cuantitativa y continua.</p> <p>Se obtienen mediciones promedio diarias in situ durante los 12 meses del año mediante una estación meteorológica, y de la estación meteorológica del Aeropuerto Internacional de Nuevo Laredo (EMAINL) durante un periodo de 20 años de monitoreo. Se obtiene la media de las mediciones de T, se comparan los valores mínimos, medios y máximos para inferir el grado de afectación en la generación del SFV.</p> |
| <p>c. La velocidad del viento (VV) medida en km/h, variable cuantitativa continua e independiente.</p> <p>Se obtienen mediciones promedio diarias tomadas in situ durante los 12 meses del año mediante una estación meteorológica, y de la EMANL durante un periodo de 20 años de monitoreo, se obtiene la media de las mediciones de la VV, se comparan los valores mínimos, medios y máximos para sugerir el grado de robustez que deben tener las estructuras de montaje de los módulos FV (MFV) y, la resistencia a cargas de viento que deben soportar los MFV instalados en la región.</p> |
| <p>d. La humedad relativa (HR) medida en porcentaje, variable independiente.</p> <p>Se obtienen mediciones promedio diarias tomadas in situ durante los 12 meses del año mediante una estación meteorológica, y de datos obtenidos del sistema meteorológico nacional en promedios mensuales, estos se promedian y comparan para conocer su grado de dispersión. Valores altos de HR implican corrosión prematura y mayor afectación por degradación por potencial inducido (PID), ocasionado por la filtración de humedad dentro del encapsulado reduciendo el rendimiento del SFV hasta en un 30 % en el mediano plazo (Sol Energy, 2018). En lugares donde la HR es alta se recomienda utilizar estructuras de aluminio anodizado y MFV aprobados en PID.</p> |
| <p>e. La presión atmosférica (Pr) medida en hPa, variable cuantitativa continua e independiente.</p> <p>Se obtienen mediciones promedio diarias tomadas in situ durante los 12 meses del año mediante una estación meteorológica y de la EMANL, se comparan los valores promedio para inferir posibles afectaciones del rendimiento del SFV ocasionadas por la humedad. Presiones inferiores a la presión típica del lugar originan tormentas y en consecuencia aumenta la humedad afectando al SFV.</p> |
| <p>f. La precipitación pluvial (PP), variable medida en mm.</p> <p>Se obtienen mediciones promedio diarias tomadas in situ durante los 12 meses del año mediante una estación meteorológica y de la EMANL, se promedian y comparan gráficamente los datos para conocer los niveles de precipitación que permitan recomendar el tipo de MFV con PID más adecuados, ya que altos índices implican mayor humedad y consecuentemente mayores posibilidades de filtración y corrosión. Sin embargo, también existe una mayor limpieza de manera natural de los MFV reduciendo la frecuencia del mantenimiento debido a la acumulación de polvo u otros residuos.</p> |
| <p>g. Granizo y nieve (GN), variable independiente medida en número de eventos por año.</p> <p>Su análisis determina la frecuencia de ocurrencia de este fenómeno, lo que permite emplear MFV que cumplan con la norma IEC 61215 ed.2 y evitar daños irreparables.</p> |
| <p>h. Las horas solares pico (HSP), variable medida en h.</p> <p>La HSP (Pérez Martínez et al., 2017) es una variable obtenida de la irradiación solar de la región dividida entre el valor estándar de prueba de los MFV (STC) equivalente a 1,000 W/m². Multiplicando la capacidad del SFV por las HSP de la región se obtiene la producción diaria de energía eléctrica.</p> |

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Variables de salida del SFV

Los valores se obtienen cuando el SFV está operando, su análisis permite realizar ajustes para un funcionamiento óptimo, dichas variables se muestran en la tabla 4 indicando sus unidades de medida, el periodo de monitoreo, la fuente de las mediciones y proporcionando una breve explicación sobre la interpretación, el análisis y el uso de los datos.

Tabla 4
Variables de salida del sistema fotovoltaico

| |
|--|
| <p>a. El voltaje generado medido en Volts (V), corresponde a mediciones diarias tomadas en periodos de 15 minutos durante una semana.</p> <p>Variable medida en el punto común de conexión (PCC) del SFV y la red mediante un multímetro o un ACE-Fluke 434-II. Se verifica que el nivel V_{AC} se encuentre dentro de las especificaciones de distorsión señaladas por la norma para SFV interconectados. El V_{DC} corresponde al voltaje generado medido en las terminales de los MFV.</p> |
| <p>b. La corriente generada medida en Amperes (A), variable medida diariamente en periodos de 15 minutos durante una semana.</p> <p>Se mide en el PCC del SFV y la red mediante un amperímetro o un ACE-Fluke 434-II. Se verifica que la señal de I_{AC} demandada por las cargas se encuentre dentro de los límites de distorsión armónica permitida por la norma aplicable. La I_{DC} corresponde a la corriente generada medida en las terminales de los MFV.</p> |
| <p>c. La potencia eléctrica generada (P), medida en Watts (W), corresponde a mediciones diarias tomadas en periodos de 15 minutos durante una semana.</p> <p>Variable medida en el PCC del SFV y la red mediante un ACE-Fluke 434-II. Se verifica que la potencia generada corresponda a la capacidad del SFV.</p> |
| <p>d. La energía eléctrica generada (EE) medida en kWh, corresponde a mediciones diarias tomadas en periodos de 15 minutos durante una semana.</p> <p>Variable medida en el PCC del SFV y la red mediante un ACE-Fluke 434-II. La energía entregada por el SFV dependerá de las cargas conectadas al circuito, comprobando que el SFV entregue la energía eléctrica según la capacidad de diseño.</p> |
| <p>e. La distorsión armónica total (THD) medida en porcentaje, corresponde a mediciones diarias tomadas en periodos de 15 minutos durante una semana.</p> <p>Variable medida en el PCC del SFV y la red mediante un ACE-Fluke 434-II, parámetro importante que debe cumplir con las normas aplicables según el país, que para México es la CFE L0000-45.</p> |

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Resultados

El diseño y desarrollo del modelo energético se constituye mediante una serie de bloques funcionales compuestos por variables de irradiación solar, climatológicas y eléctricas, dimensionamiento de componentes FV, normatividad aplicable, especificaciones de los fabricantes, tipos de usuarios, recursos humanos, materiales, financieros y tecnológicos, todos recopilados de diversas fuentes bibliográficas e integrados en un solo diagrama esquemático de información mostrado en la figura 1.

El modelo desarrollado además de considerar el análisis de las variables de entrada/salida, también incluye el estudio de otros aspectos complementarios como regulaciones gubernamentales para interconexión a red, permitiendo una visión completa de los aspectos inherentes que afectan y/o benefician el desempeño de SFV coincidiendo con el estudio (Masa Bote, 2014) y, complementando con el análisis de variables adicionales como la VV, la HR, la Pr y la PP.

Mediante la aplicación metodológica de cada bloque y analizando la tendencia de las variables que refiere el modelo, se puede inferir si la región bajo análisis ubicada en cualquier parte del mundo reúne las condiciones necesarias y suficientes para instalar

SFVI a la red de generación distribuida. Permitiendo realizar acciones de mejora a los SFV que están operando si los resultados muestran condiciones vulnerables que no se consideraron durante la etapa de diseño del sistema o, por la degradación prematura de sus componentes. Cada bloque podrá desglosarse según el diagrama de flujo de la figura 2 y, podrán utilizarse herramientas de cálculo o software existentes que faciliten el análisis del SFV. Se describe la función de los principales bloques del modelo propuesto en los incisos siguientes.

a. Descripción de bloques del modelo energético descriptivo

La figura 1 muestra todos los bloques que intervienen en el proceso de generación de energía eléctrica solar fotovoltaica, describiendo la función e impacto de cada uno. Es importante señalar que la aplicación correcta del modelo implica considerar el análisis de todos los bloques evitando omitir alguno de ellos, permitiendo obtener un resultado completo que refleje la realidad de las condiciones energéticas de la región y/o del SFV actual, que determinen la factibilidad de instalar nuevos SFV, o bien permitan realizar mejoras a los existentes.

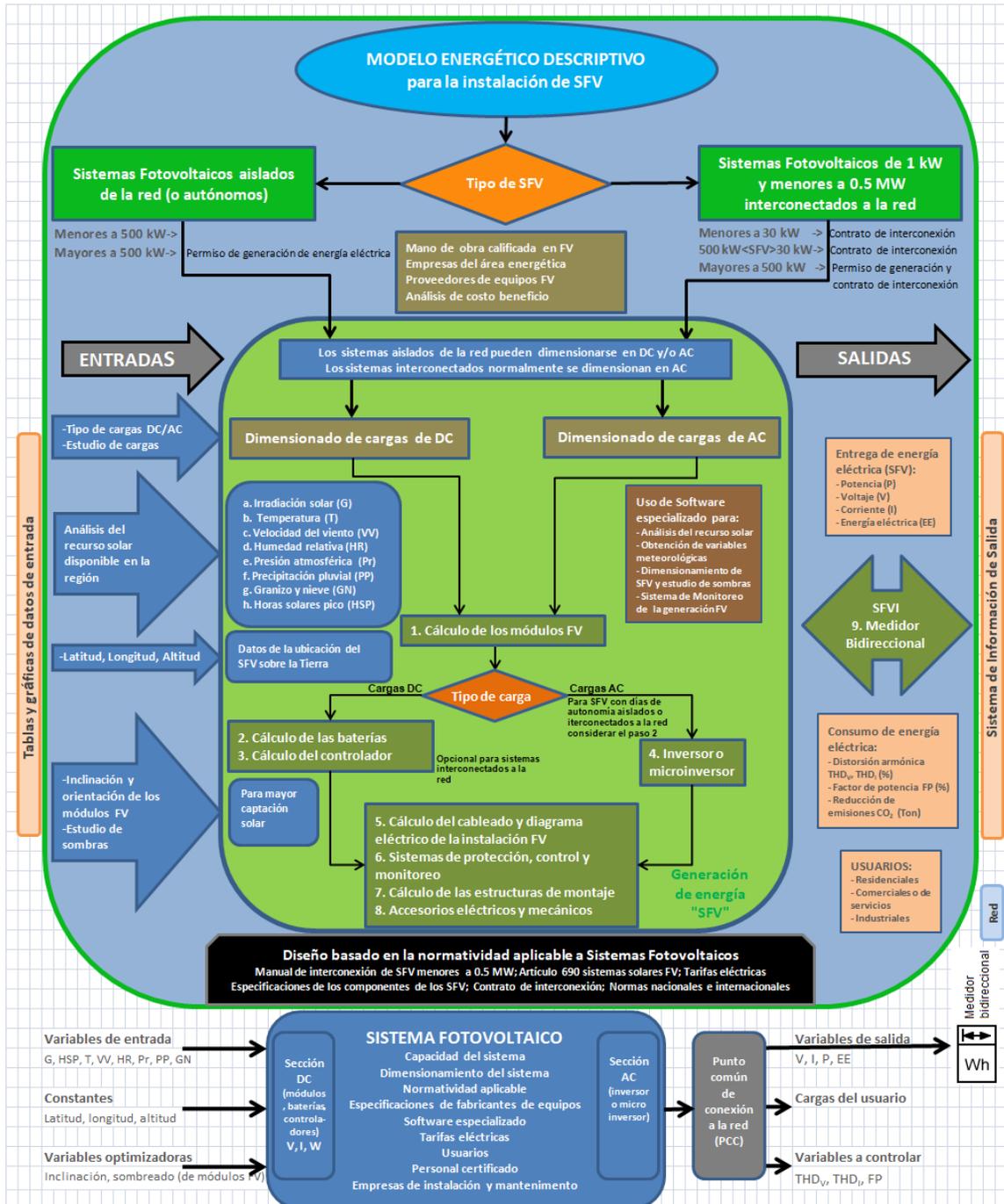


Figura 1. Modelo descriptivo de un sistema energético solar fotovoltaico interconectado a la red.

Nota: Fuente: Elaboración propia.

b. Tipo de sistema fotovoltaico

En todo SFV existen dos características relevantes según su conexión con la instalación que alimentará las cargas del usuario, siendo necesario definir si el sistema será del tipo autónomo o interconectado a la red, ya que según corresponda los componentes y dimensionamiento del SFV serán diferentes.

c. Mano de obra calificada, empresas y proveedores de SFV

La metodología establece la importancia de contar con mano de obra especializada en la instalación de SFV, siendo conveniente revisar la disponibilidad de personal certificado en la región. Asimismo, es relevante la existencia local de empresas de servicios de instalación o proveedores de equipos y materiales FV, que permita obtener un mejor costo beneficio y post servicio durante la operación del SFV y, se facilite la aplicación de las garantías.

d. Uso de software especializado

Aunque el modelo establece la medición de las variables in situ, también se considera usar datos históricos de dichas variables obtenidos de base de datos mediante software de uso libre o con licencia, permitiendo obtener promedios entre estos valores y los medidos in situ, razón por la cual la metodología del modelo hace referencia sobre su uso.

e. Dimensionamiento del SFV en corriente directa y corriente alterna (DC/AC)

El diseño FV en comercio, industria o residencia, debe considerar las cargas alimentadas en DC o AC, ya que si únicamente se alimentarán cargas en DC no se requiere instalar un inversor debido a que pueden conectarse directamente en el circuito de DC. Si el SFV alimentará cargas en AC debe dimensionarse correctamente el inversor. Utilizando algún software o mediante cálculos manuales se dimensionan los componentes del SFV según se enumeran en la figura 1 (módulos, baterías, controlador, inversor, cableado, sistemas de protección, estructuras y accesorios eléctricos y mecánicos).

f. Diseño basado en la normatividad aplicable a SFV

Este bloque destaca la importancia de diseñar SFV de conformidad con las normas aplicables según la región o el país donde se instalarán, incluyendo tanto la normatividad nacional como internacional correspondiente aplicable a los equipos, materiales, al nivel de distorsión permitida de las variables eléctricas, inclusive a las normas de seguridad personal que deben observarse al momento de realizar la instalación del SFV. El considerar todas las normas aplicables asegura confiabilidad y funcionalidad del proyecto, facilitando el registro y la conexión a la red del SFV al cumplir con todos los requisitos requeridos por las dependencias gubernamentales.

g. Datos de la ubicación del SFV sobre la Tierra (latitud, longitud y altitud)

Es importante definir el lugar donde se instalará el SFV, siendo necesario conocer las coordenadas geográficas del lugar definidas por la latitud, longitud y la altitud. Particularmente para Nuevo Laredo se tienen los siguientes valores:

Latitud Norte: 27°29'48'' (27.43°),

Longitud Oeste: 99°30'01'' (-99.56°),

Altitud=138 metros sobre el nivel del mar (msnm).

Estos tres parámetros son valores constantes usados para ubicar un punto sobre la Tierra, sin embargo, para la elección exacta del lugar de ubicación ya sea a nivel del suelo, en techo o en fachadas, implica considerar otros factores que se describen en el inciso h.

h. Para una mayor captación solar

El modelo sugiere considerar las principales variables que afectan la captación de la radiación solar durante la operación del SFV, siendo algunas de ellas la inclinación de los MFV según la temporada del año y necesidades del usuario y, la orientación hacia el

sur para sistemas ubicados en el hemisferio norte, u orientados hacia el norte para SFV ubicados en el hemisferio sur.

Otra variable que afecta la captación es la proyección de sombras sobre los MFV, siendo necesario realizar un estudio de sombras para analizar posibles afectaciones. Existe software especializado para estimar las pérdidas ocasionadas por el sombreado de los MFV, en caso de no poder evitarlas en su totalidad por obstáculos físicos como edificios o árboles.

i. Tipo de usuarios

Considerando que esta investigación se refiere al estudio de SFV con capacidades menores a 0.5 MW de generación distribuida, es importante distinguir que el mayor mercado de usuarios para la instalación de SFV proviene de usuarios residenciales y de pequeños o medianos comercios. Por esta razón, los programas de apoyo gubernamentales de fomento a las energías renovables deben focalizarse según el tipo de usuarios al que vayan dirigidos.

j. Análisis del recurso solar y variables meteorológicas

Este bloque relevante del modelo incluye la recopilación de datos y el análisis de cada variable de la región bajo estudio según se indica en el diagrama de flujo de la figura 2, particularmente ejemplificado para Nuevo Laredo.

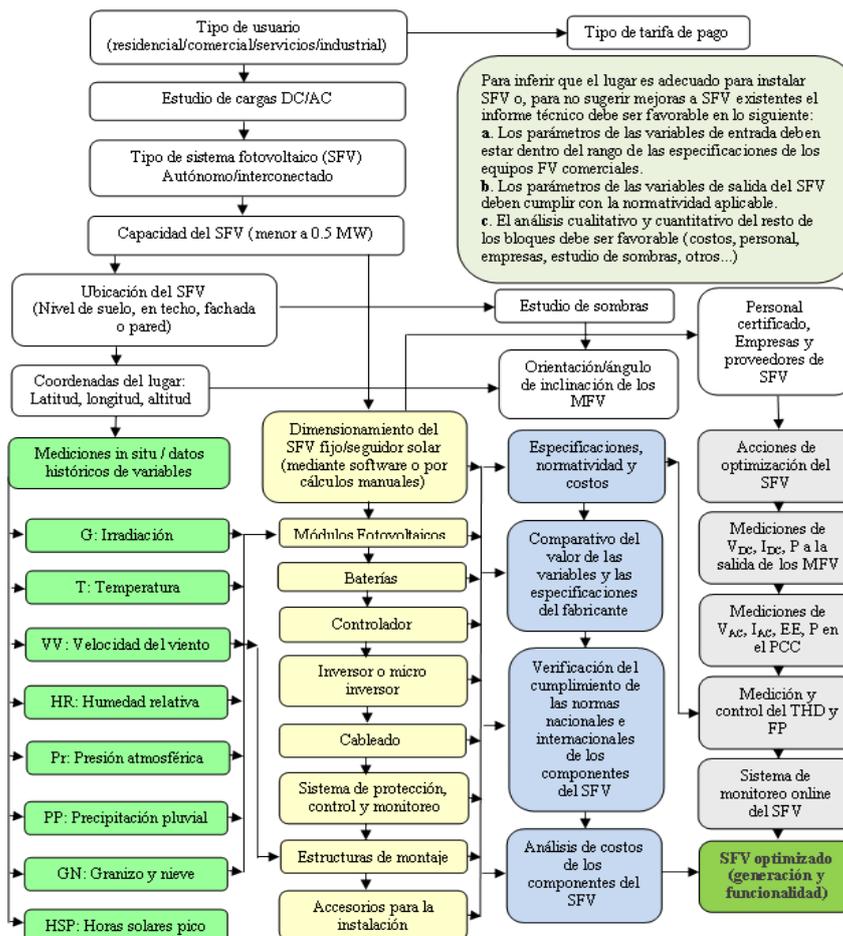


Figura 2. Diagrama de flujo de un sistema energético FV interconectado a la red

Nota: Fuente: Elaboración propia.

j1: La Irradiación solar (G)

La obtención de esta variable según la metodología descrita en secciones previas, demuestra que Nuevo Laredo cuenta con una irradiación promedio de 4.81 kWh/m² durante el año, superando este valor en los meses de mayo a agosto con valores de hasta 5.19 kWh/m² según (Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2010).

La figura 3 muestra los valores de irradiación solar medidos in situ y los obtenidos mediante el software RETScreen y Meteonorm en promedios mensuales, observándose un rango de los datos de 0.70 kWh/m² durante los 12 meses del año. En la figura 3 se observa la congruencia de los datos de las fuentes referidas mismos que pueden utilizarse para el cálculo de producción del SFV, reafirmando el gran potencial de radiación global, difusa, y albedo de la región (De Juana Sardón et al., 2009).

La figura 3 también muestra lecturas de radiación solar tomadas in situ durante los 12 meses del año bajo condiciones de cielo despejado a ligeramente nublado, usando el medidor Amprobe Solar-100. Observándose valores promedio de 940 W/m² y 1,163 W/m² medidos a 27° y perpendicular al sol respectivamente, superior al parámetro STC (condiciones estándares de prueba) de 1,000 W/m² usado por los fabricantes para probar la eficiencia de los MFV y, un NOCT (temperatura de operación nominal de la celda) de 800 W/m² (Messenger y Ventre, 2005).

En regiones de alta radiación solar pueden usarse celdas con tecnologías de rendimiento medio y de costo accesible (Vigil Galán et al., 2018), manteniéndose aún niveles altos de generación motivando la inversión local de proyectos FV, al instalar SFV de buen rendimiento y menor costo. Las tecnologías FV con rendimientos altos son más costosas y se recomiendan en lugares con niveles bajos de irradiación solar.

Para instalar SFV autónomos se requiere una radiación solar promedio de 3 kW/m²/día a 4 kW/m²/día y, para SFV interconectados a la red una radiación solar superior a los 4 kW/m²/día (Vanegas Chamorro et al., 2015), condición que se cumple para Nuevo Laredo.

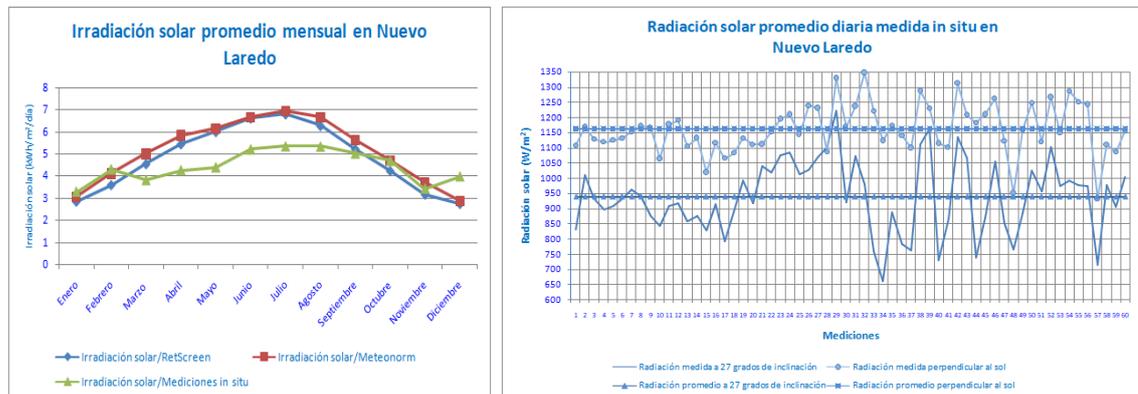


Figura 3. Medición de irradiación y radiación solar

Nota: Fuente: Elaboración propia con datos del software RetScreen, Meteonorm y mediciones in situ.

j2: La Temperatura (T)

La obtención de esta variable según la metodología descrita previamente se muestra gráficamente en la figura 4, alcanzando temperaturas promedio máximas de 40.50 °C en los meses más calurosos y de 2.5 °C en los meses más fríos, causando posibles afectaciones en la generación FV si la selección de los componentes FV no es la adecuada, debido que a temperaturas de operación superiores a 25 °C se generan pérdidas apreciables en el rendimiento de las celdas (Mazón Hernández, 2014).

La temperatura real de operación de un MFV normalmente alcanza entre 15 °C y 20 °C arriba de la temperatura ambiente (Pérez Regalado, 2010), existiendo la necesidad de usar MFV con coeficientes térmicos altos que soporten el nivel de temperatura de la región. Altas temperaturas reducen el voltaje y la potencia generada y, a temperaturas de cero o bajo 0 °C el voltaje generado se incrementa según un factor especificado en el artículo 690.7 de la National Electric Code hasta en un 20 %, pudiendo afectar la operación del inversor y causar fallas de todo el SFV. Existe una amplia gama de MFV e inversores comerciales con coeficientes de temperatura lo suficientemente amplios para usarse en cada región y afectar en menor grado el rendimiento del SFV.

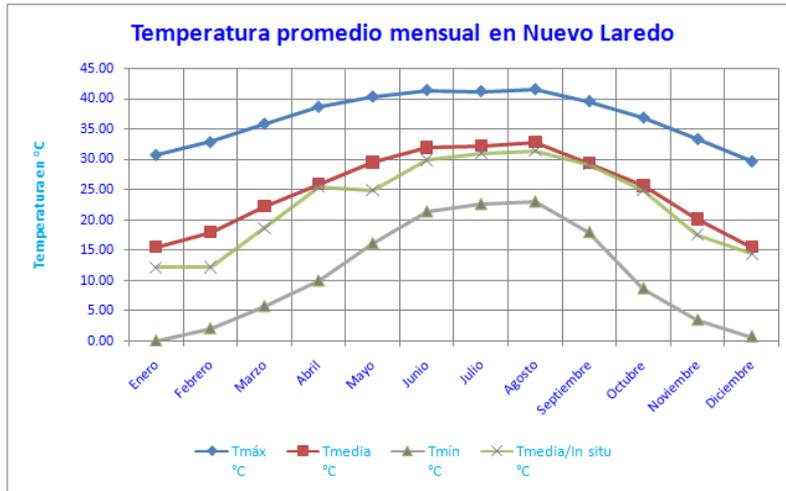


Figura 4. Tendencia mensual de la temperatura.

Nota: Fuente: Elaboración propia con datos de la EMANL y mediciones in situ.

La figura 5 muestra que el 47 % de 42 fabricantes de MFV analizados presentan un coeficiente de temperatura en potencia ($P_{máx}$) superior al 0.4 %/°C, significando que por cada grado centígrado superior a los 25 °C en la temperatura de trabajo de la celda, se pierde un 0.4 % de la potencia nominal generada por cada celda del MFV.

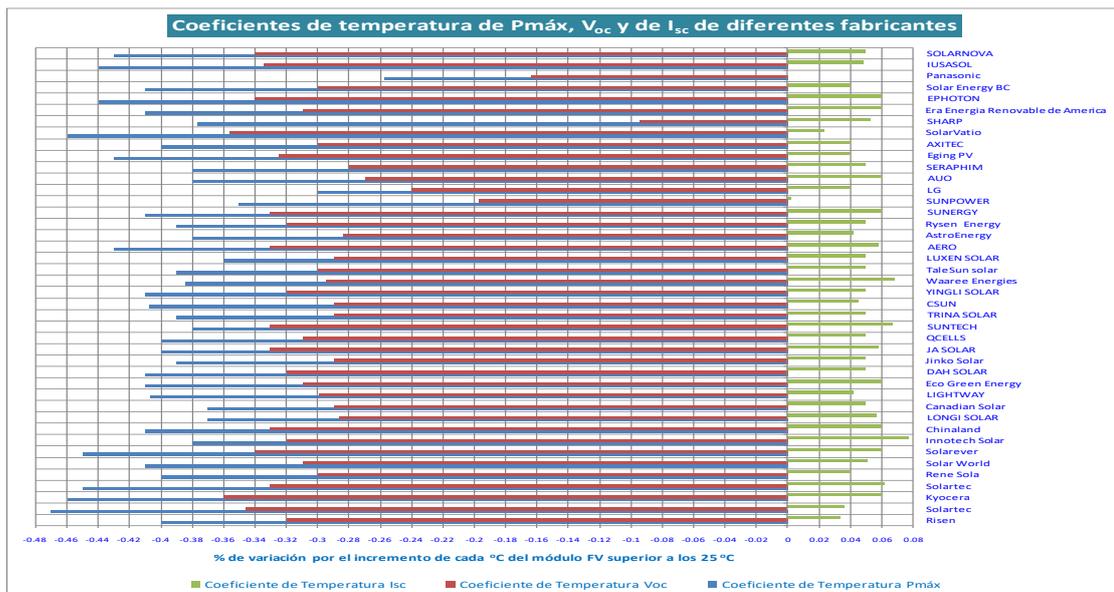


Figura 5. Coeficientes de temperatura de MFV (I_{sc} : corriente de corto circuito; V_{oc} : voltaje de circuito abierto)

Nota: Fuente: Elaboración propia con datos de fichas técnicas del fabricante.

estándar de 2,400 Pa. El valor máximo de 5,400 Pa es relevante en zonas donde la VV es muy alta durante el año, no siendo el caso para Nuevo Laredo. Para estas VV se recomienda el uso de estructuras de aluminio anodizado para el montaje de los MFV por su alta resistencia a la fuerza mecánica y a la corrosión.

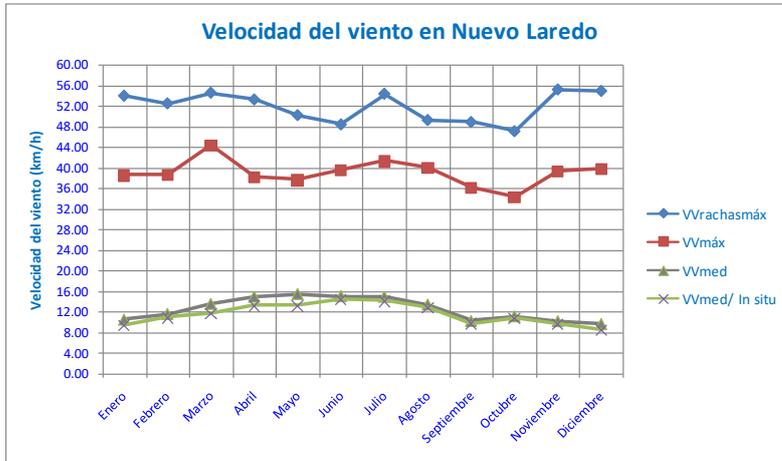


Figura 7. Velocidad media, máxima y rachas máximas de viento
 Nota: Fuente: Elaboración propia con datos de la EMANL y mediciones in situ.

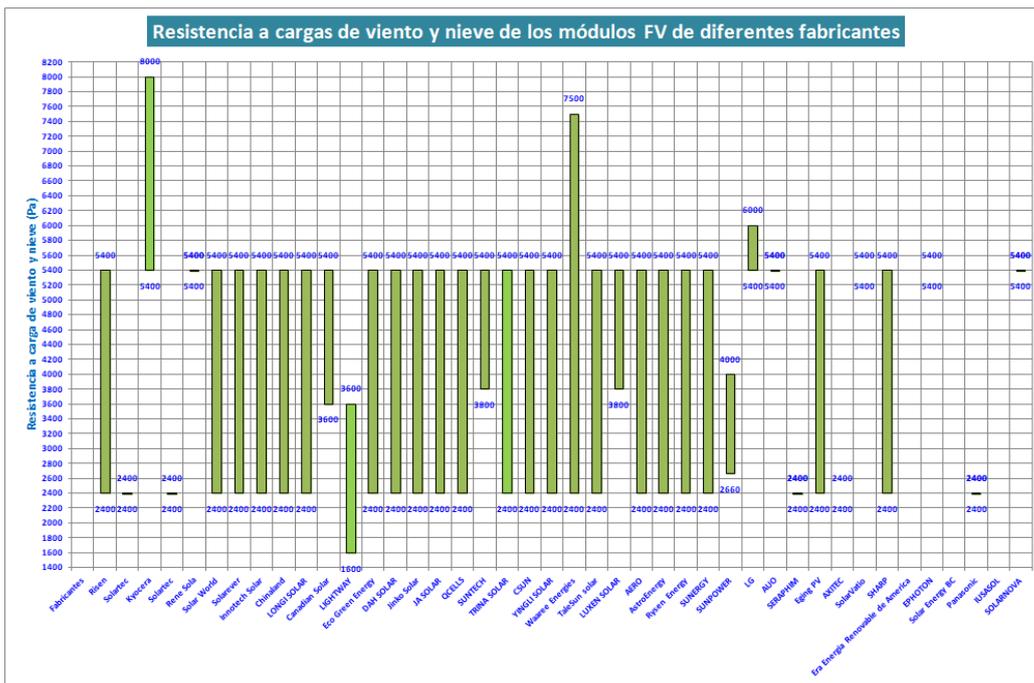


Figura 8. Resistencia a cargas mecánicas de los MFV
 Nota: Fuente: Elaboración propia con datos de fichas técnicas del fabricante.

J4: La humedad relativa (HR)

En la figura 9 se muestra el comportamiento mensual y anual de la humedad relativa de Nuevo Laredo con datos tomados in situ y de la estación meteorológica del aeropuerto internacional de Nuevo Laredo (EMANL). Se observa que el promedio general se ubica entre el 55 % al 60 % lo cual es aceptable debido a que Nuevo Laredo tiene un clima seco extremo con grandes oscilaciones de temperaturas desde -3 °C en invierno a los 46 °C en verano, siendo agosto el mes más caluroso y enero el mes más frío (Instituto para la Competitividad y el Comercio Exterior de Nuevo Laredo, 2021).

Aunque el valor máximo de la humedad oscila entre el 85 %, la frecuencia de ocurrencia al mes es de 1 a 3 días y mayormente se presenta en los meses más fríos del año, prevaleciendo los valores promedio de HR que no causan oxidación prematura ni falla de los MFV por degradación por potencial inducido (PID) originado por filtración de humedad en los encapsulados de los MFV.

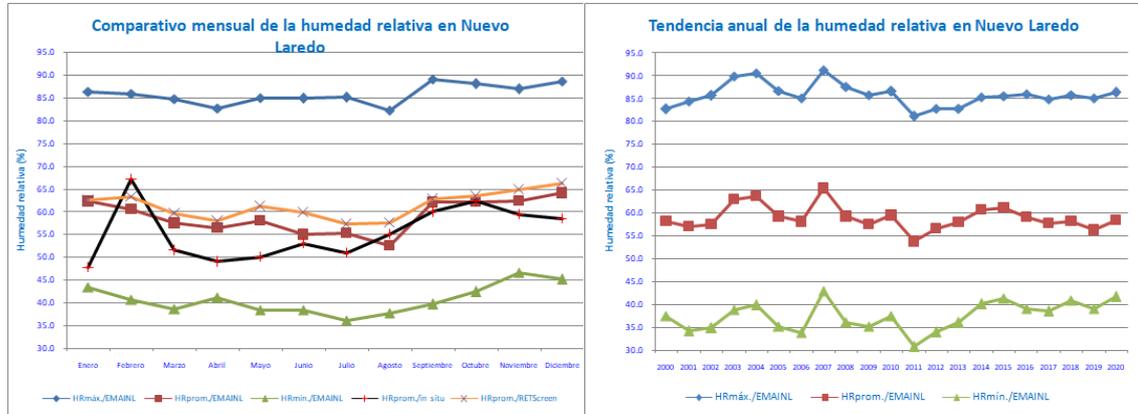


Figura 9. Tendencia de la humedad relativa en Nuevo Laredo

Nota: Fuente: Elaboración propia con datos medidos in situ y de la EMAINL.

J5: Presión atmosférica

La presión atmosférica sobre el nivel del mar es de 1,013.25 hPa y en zonas más elevadas se reduce a menos de 700 hPa, dado que Nuevo Laredo tiene una altitud sobre el nivel del mar que varía de 138 m a 150 m, el efecto es despreciable y no se considera una afectación mayor en el rendimiento de los SFV que se instalen en esta región de Tamaulipas. Al disminuir la presión por debajo de la presión atmosférica del lugar se generan tormentas o mal tiempo, lo cual no es típico en Nuevo Laredo donde la mayor parte del tiempo el clima es seco y de baja precipitación.

La figura 10 muestra una tendencia muy estable en la variación de la presión lo cual se atribuye en gran medida al clima semidesértico en Nuevo Laredo, manteniendo un promedio mensual de 997 hPa. Esta variable no es considerada en las especificaciones de los fabricantes debido a que no afecta de manera directa a los MFV, sino más bien a través de sus efectos sobre todo cuando presenta un rango de variación muy amplio.

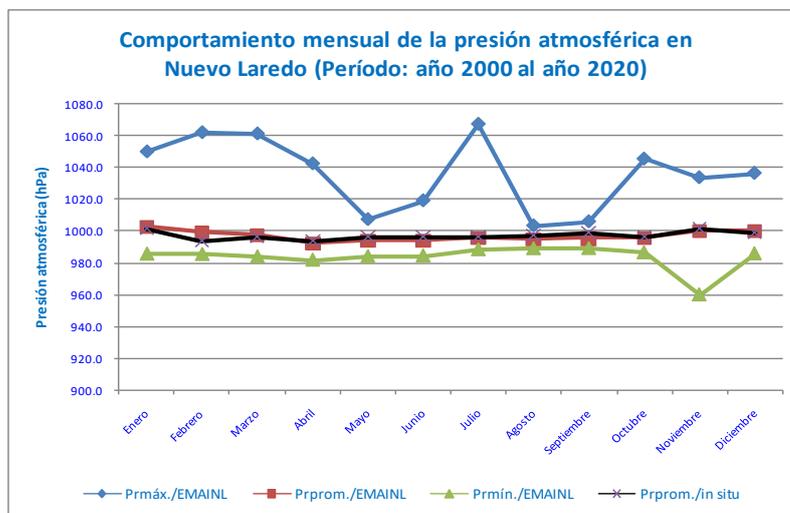


Figura 10. Tendencia de la presión atmosférica en Nuevo Laredo

Nota: Fuente: Elaboración propia con datos medidos in situ y de la EMAINL.

J6: Análisis de la precipitación pluvial

La precipitación en Nuevo Laredo varía de 550 mm a 600 mm (Protección Civil Tamaulipas, 2011), observándose en la figura 11 que durante los meses de mayo a octubre la precipitación es más alta, alcanzando un promedio anual de 553.8 mm. Debido al clima semidesértico de Nuevo Laredo, la lluvia durante la mayor parte del año es escasa con un promedio diario de aproximadamente 45 días durante un periodo de análisis de 20 años, es decir, solo el 12 % de días del año son de lluvia.

La lluvia es un medio natural de limpieza de los MFV, pero al ser muy frecuente ocasiona oxidación en las estructuras de soporte, por esta razón se utiliza frecuentemente el aluminio anodizado y, en raros casos se emplean estructuras de fierro. Según este análisis la precipitación en Nuevo Laredo no representa un problema mayor que cause oxidación prematura o problemas de PID en los MFV. Sin embargo, para asegurar larga duración se recomienda el uso de estructuras de aluminio anodizado para la fijación de los MFV.

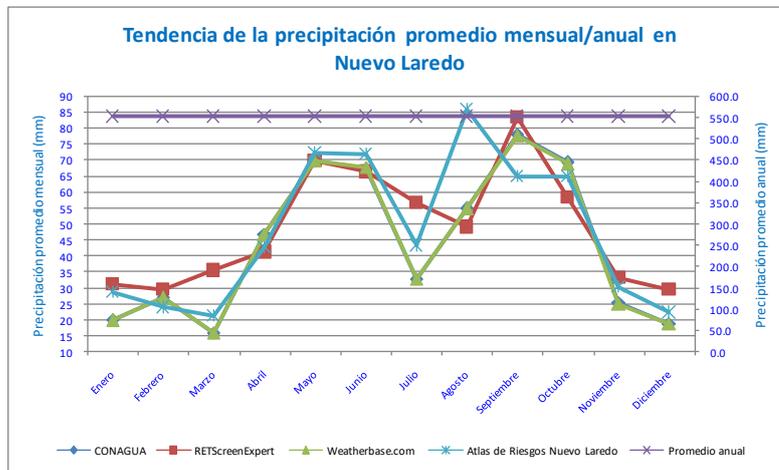


Figura 11. Tendencia de la precipitación pluvial en Nuevo Laredo
 Nota: Fuente: Elaboración propia con datos de diferentes fuentes de bases de datos.

J7: Análisis del granizo y la nieve

En la figura 12 se muestra la tendencia de caída de granizo en Nuevo Laredo y la región, observándose poca recurrencia siendo una variable de bajo riesgo, sin embargo, es conveniente que los MFV cumplan ciertas normas a la fuerza de impacto. En la figura referida se observa un máximo anual de 2 días por año, siendo normalmente un día al año, inclusive durante varios años no se presenta caída de granizo.

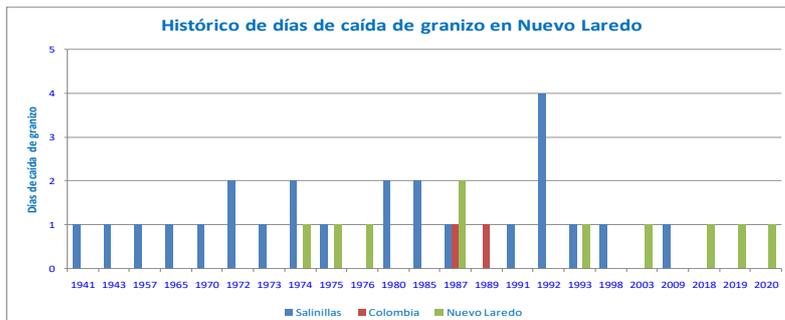


Figura 12. Comportamiento anual de caída de granizo en Nuevo Laredo.
 Nota: Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema Meteorológico Nacional (SMN).

Como referencia regional se grafica la caída de granizo en 2 municipios vecinos ubicados a menos de 50 km observándose una tendencia similar.

Nuevo Laredo no es una zona de nevadas y en raras ocasiones ha caído una ligera capa de nieve, por lo cual su análisis es irrelevante.

J8: Horas solares pico

La HSP (Pérez Martínez et al., 2017) es una variable obtenida de la irradiación solar de la región dividida entre el STC de los MFV equivalente a 1,000 W/m². El promedio de HSP en Nuevo Laredo se obtiene de la insolación promedio dividida entre el valor STC resultando en 5.0 h según monitoreo de datos tomados in situ durante un periodo de 18 meses y, de 5.027 h en promedio anual según software SAM (system advisor model) como se observa en la figura 13, siendo ambos valores similares y aceptables para módulos con eficiencias superiores al 16 % que se instalen en Nuevo Laredo.

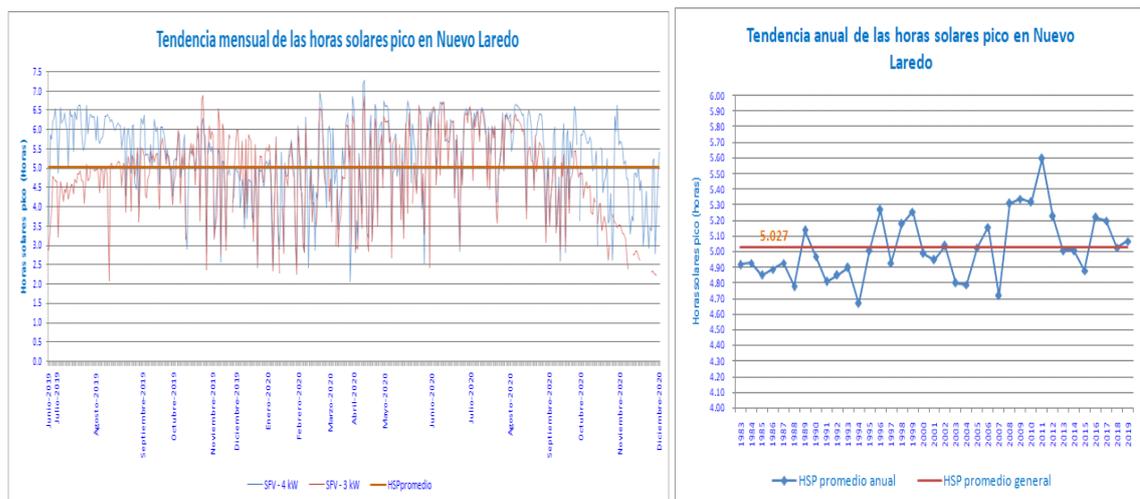


Figura 13. Tendencia mensual y anual de las HSP en Nuevo Laredo

Nota: Fuente: Elaboración propia con datos tomados in situ y del software SAM.

J9: Análisis de la correlación entre variables

El análisis que refiere el modelo energético considera revisar la correlación existente entre variables con el objetivo de analizar el comportamiento del SFV. La figura 14 muestra las capacidades de generación de energía eléctrica por hora de dos SFV usados como muestra, ubicados a una distancia de 25 km uno del otro, durante un periodo de muestreo del 31-mayo al 23-junio-2020.

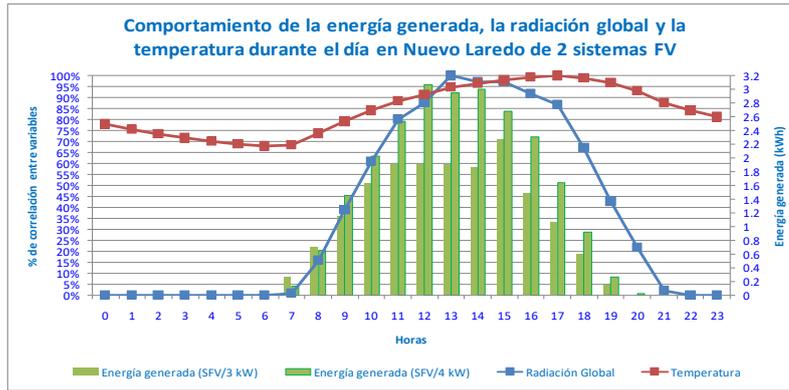


Figura 14. Comparativo de variables meteorológicas y la energía FV generada

Nota: Fuente: Elaboración propia con datos de

<https://www.meteoblue.com/es/tiempo/archive/export/nuevo-laredo> y Apsystem.

Se observa que al incrementarse la irradiación también lo hace la temperatura y la energía generada en ambos SFV (Granda Gutiérrez et al., 2013), sin embargo, a partir de cierta hora del día aunque la temperatura aún permanece alta, la radiación se reduce y también la energía generada en ambos SFV de forma proporcional. Comprobando que la energía generada depende directamente de la radiación y, en este caso la temperatura tiene un efecto menor debido a que el coeficiente de temperatura de los módulos utilizados es menor a $-0.4 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$.

Discusión y conclusiones

Discusión

El análisis detallado de las variables referidas en el modelo energético propuesto, permite considerar los parámetros más importantes al diseñar un SFV que asegure una generación óptima, al seleccionar los materiales y equipos con las especificaciones más apropiadas para soportar las condiciones medioambientales de la región bajo estudio y, determinar si el lugar es viable o no para instar SFV.

El modelo considera la mayoría de las variables que afectan u optimizan la generación de energía eléctrica FV que aseguren un diseño robusto, confiable, y que garantice el retorno de la inversión de los usuarios residenciales, comerciales, de servicios e industriales mediante análisis financieros (Caamaño Martín, 1998).

La tabla 5 muestra los parámetros obtenidos al aplicar la metodología según el modelo propuesto, observando que el lugar es viable para instalar SFV.

Tabla 5
Variables de entrada del SFV para Nuevo Laredo

| Variable | Rango promedio de la variable | Comentario |
|----------------------------|--|--|
| Irradiación (G) | 4.81-5.03-5.19 kWh/m ² | Valor promedio alto de la república mexicana. |
| Temperatura (T) | 10 °C promedio mínimo 25 °C promedio 37 °C promedio máximo | Aunque existen valores extremos ocasionales de -3 °C en invierno y hasta 45 °C en verano, los valores promedio son los indicados y están dentro de las especificaciones de los fabricantes de MFV. |
| Velocidad del viento (VV) | 30-39-45 km/h de velocidad promedio máxima | Aunque existen rachas ocasionales de hasta 55-80 y raramente de 100 km/h estos valores aún están dentro de las especificaciones de los fabricantes de MFV. |
| Humedad relativa (HR) | 55 % – 60 % | Existen valores ocasionales de 85 %, sin embargo el promedio se ubica en el 55 % lo que no es un riesgo de humedad alta que acelere la oxidación o el filtrado en los encapsulados de los MFV. |
| Presión atmosférica (Pr) | 987.1 - 1,012.2 hPa | Poca variación, sin mayor efecto por la poca altitud de la región de 138 msnm. Promedio mensual 997 hPa. |
| Precipitación pluvial (PP) | 550 – 553.8 - 600 mm | Valores bajos que no representan riesgos para el deterioro de los MFV. |
| Granizo y nieve (GN) | 20 – 50 mm de ϕ | Diámetro del granizo de textura porosa, caída ocasional de una vez al año |
| Horas solares pico (HSP) | 4.81 - 5.027 - 5.19 h | Valor alto de insolación |

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Al utilizar este modelo como una guía metodológica para el diseño y desarrollo de proyectos FV, podrán reducirse los riesgos de un mal funcionamiento del sistema durante su tiempo de vida útil al considerar las especificaciones de los fabricantes. En el estudio “Estrategias de mejora para la generación de energía eléctrica distribuida con equipos solares, eólicos o híbridos” (Cadena et al., 2012), se menciona la factibilidad de utilizar recursos renovables para cubrir la demanda de energía eléctrica analizando el recurso disponible en la región, sin embargo, solo hace referencia a ciertas variables que intervienen en los SFV mismas que ya son consideradas en el modelo propuesto.

Este modelo pretende cubrir la brecha existente entre sistemas que integren a la mayoría de las condiciones necesarias para diseñar e instalar SFV y, la información de diversos estudios que existen en la actualidad de manera separada, es decir, la información existente se encuentra de manera aislada y no está concentrada o integrada en un solo

bloque funcional que permita una visión integral u holística de los aspectos que deben considerarse.

La utilización de software comercial o de uso libre complementa y facilita el desarrollo de cada bloque del modelo, resultando en un informe técnico final que podrá utilizarse para decidir instalar o mejorar el proyecto FV bajo estudio.

Conclusiones y trabajo futuro

El análisis de cada bloque del modelo propuesto aplicado a Nuevo Laredo, permite inferir que la región reúne las condiciones necesarias y suficientes para la instalación de SFV según la tabla 5. Se demuestra que la mayoría de las variables analizadas se encuentran dentro de los rangos aceptables al cumplir con las especificaciones comerciales de equipos FV, asegurando la viabilidad del proyecto.

Al desglosar y desarrollar cada bloque del modelo propuesto, realizando las mediciones y los cálculos de las variables indicadas, compararlos con normas y regulaciones aplicables según la región o el país, considerar las especificaciones de fabricantes de equipos FV, diferenciar los tipos de usuarios para realizar estudios de planificación de la demanda (Falcón Roque, 2018) y dimensionar correctamente el sistema, se estará asegurando un diseño robusto y completo que haga viable el desarrollo del proyecto FV.

Adicionalmente, el modelo requiere la toma de datos in situ de la radiación solar, información que se carece en la mayoría de las regiones de México, contándose únicamente con datos obtenidos de estaciones de medición más próximas a la zona de estudio que distan varios kilómetros, o de datos satelitales que presentan ciertos porcentajes de error (Grossi Gallegos, 1999). En el estudio (Osseweijer et al., 2017) se considera la importancia del involucramiento de la industria (proveedores, consumidores), la academia (para realizar investigación y formación de mano de obra calificada) y, el gobierno (para establecer regulaciones) como partes interesadas en el uso y promoción de los SFV, condiciones que se incluyen en el estudio propuesto.

Actualmente en Nuevo Laredo existen más de 100 SFV instalados con capacidades desde un kW hasta 202 kW. Sin embargo, aún existe un mercado cautivo de 126,127 usuarios domésticos, 9161 en tarifa PDBT6 (pequeña demanda en baja tensión), 1754 con tarifa GDMTO6 (gran demanda media tensión ordinaria) y 644 usuarios en GDMTH6 (gran demanda media tensión horaria) para implementar proyectos FV de generación distribuida.

Al desarrollar e integrar en un informe final todos los aspectos incluidos en cada bloque del modelo y acorde al diagrama de flujo de la figura 2 previamente mencionado, los resultados además de usarse para los fines descritos, también podrían utilizarse como referencia y complemento para el desarrollo de investigaciones futuras, que requieran analizar las variables y demás características y aspectos inherentes a SFV resultando en estudios más completos.

Como trabajos futuros y complementarios a este proyecto de investigación, se propone un análisis abstracto de las variables y su representación matemática en función de aquellas que son afectadas por el comportamiento de otras, siendo un ejemplo la potencia generada del SFV (P) como función directa de la irradiación (G) incidente en los MFV y, de la temperatura de operación del sistema (T), es decir, $P \rightarrow (G, T)$. En trabajos posteriores se deberá considerar el uso de ecuaciones tanto para el dimensionamiento como para el cálculo de variables meteorológicas y eléctricas.

El desarrollo de modelos matemáticos sobre la degradación de los MFV (Reguera Gil, 2015) según la región donde se instalen son también temas de interés y complementarios a este proyecto.

Referencias

- Becerra López, H., Agredano Díaz, J., y Huacuz Villamar, J. (2010). *Guía de usuario Sistemas Fotovoltaicos Interconectados con la Red, Aplicaciones de Pequeña Escala* (No. 1). Instituto de Investigaciones Eléctricas. <https://www.ineel.mx/flipbook/libros/SFVI.pdf>.
- Caamaño Martín, E. (1998). *Edificios fotovoltaicos conectados a la red eléctrica: caracterización y análisis*. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. <http://oa.upm.es/1322/>.
- Cadena, C., Salazar, G., Javi, V., y Tilca, F. (2012). *Estrategias de mejora para la generación de energía eléctrica distribuida con equipos solares, eólicos o híbridos*. In *IV Congresso Brasileiro de energia solar e V Conferencia de Latinoamericana da ISES*. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/15092/CONICET_Digital_Nro.17885.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Collado Fernández, E. (2009). *Energía solar fotovoltaica, competitividad y evaluación económica, comparativa y modelos* (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Educación a Distancia. <http://www.ieec.uned.es/PersonalDIEEC/archivos/tesis-doctoral-eduardo-collado.pdf>.
- De Juana Sardón, J. M., de Francisco García, A., Fernández González, J., Santos García, F., Herrero García, M. A., y Crespo Martínez, A. (2009). *Energías Renovables para el desarrollo* (1ª. ed.). Paraninfo.
- Duarte, E. (2017, 23 mayo). Puente III de Nuevo Laredo, el gigante del comercio. *T21mx*. <http://t21.com.mx/logistica/2017/05/23/puente-iii-nuevo-laredo-gigante-comercio>.
- ENERDATA. (2020). *Anuario estadístico mundial de energía 2020: Cuota de energías renovables en la producción de electricidad*. <https://datos.enerdata.net/energias-renovables/produccion-electricidad-renovable.html>.
- Falcón Roque, E. J. (2018). *Desarrollo de un modelo de planificación energética sostenible usando técnicas de optimización multicriterio: una aplicación a la provincia de Cajamarca, Perú*. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid]. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.52109>.
- Flores Contreras, I. (2018). Nuevo esquema de tarifas eléctricas y su viabilidad en proyectos fotovoltaicos (CONERMEX, Ed.). <https://www.conermex.com.mx/webinar/webinar-05-nuevo-esquema-tarifas%20ele%CC%81ctricas.html>.
- García Barrios, F. A. (2018). *Efecto de los factores ambientales en la eficiencia de arreglos de paneles solares fotovoltaicos* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma del Caribe. <http://hdl.handle.net/11619/3786>.
- Granda-Gutiérrez, E. E., Orta, O. A., Díaz-Guillén, J. C., Jiménez, M. A., Osorio, M., y González Albarrán, M. A. (Eds.). (2013). *Modelado y simulación de celdas y*

- paneles solares. In *Congreso Internacional de Ingeniería Electrónica ELECTRO 2013*. (17-22). Instituto Tecnológico de Chihuahua. https://www.researchgate.net/publication/265767005_MODELADO_Y_SIMULACION_DE_CELDAS_Y_PANELES_SOLARES?channel=doi&linkId=541ad2180cf25ebee988c4ec&showFulltext=true.
- Grossi Gallegos, H. (1999, enero). Comparación de los valores satelitales del “surface solar energy (sse) data set versión 1.0” con datos de tierra de la red solarimétrica. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 6, 1-6. <https://www.researchgate.net/publication/279752278>.
- Hernández Gallegos, R. (2017). *Análisis de factibilidad para la instalación de un sistema de energía limpia mediante celdas fotovoltaicas para la alimentación eléctrica del edificio 4 en el ITSLV*. (Tesis de Maestría). CIATEQ México]. <http://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1020/97>.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. P. (2010). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill.
- Instituto para la Competitividad y el Comercio Exterior de Nuevo Laredo. (2020, febrero). *Prontuario socioeconómico binacional 2020 Región Laredos* (No. 4). <http://www.iccedenuevolaredo.org/prontuario/condiciones.html>.
- Kühne, K., Sánchez, L., Roth, J., Tornel, C., y Gerasimchuk, I. (2019, junio). *Más allá de los combustibles fósiles: Transición fiscal en México*. <https://www.iisd.org/system/files/publications/combustibles-fosiles-transicion-fiscal-en-mexico.pdf?q=sites/default/files/publications/combustibles-fosiles-transicion-fiscal-en-mexico.pdf>.
- Masa Bote, D. (2014). *Contribución a la integración de sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica: recurso solar y predicción de generación*. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Madrid]. http://oa.upm.es/29110/1/DANIEL_MASA_BOTE.pdf.
- Mazón Hernández, R. (2014). *Estudio de la influencia de la refrigeración con aire de forma natural e inducida en el comportamiento de instalaciones fotovoltaicas* (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Cartagena Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos. <http://hdl.handle.net/10317/4780>.
- Messenger, R. A. y Ventre, J. (2005). *Photovoltaic Systems Engineering*. CRC Press LLC.
- Osseweijer, F. J. W., van den Hurk, L. B. P., Teunissen, E. J. H. M., y van Sark, W. G. J. H. M. (2017). A review of the Dutch ecosystem for building integrated photovoltaics. *ELSEVIER*, 111, 974-981. https://www.researchgate.net/publication/315976225_A_Review_of_the_Dutch_Ecosystem_for_Building_Integrated_Photovoltaics.
- Pérez Regalado, M. J. (2010). *Estudio termográfico de la influencia de la temperatura en los módulos fotovoltaicos*. (Tesis de Ingeniería). Universidad Carlos III de Madrid]. <https://docplayer.es/8249240-Universidad-carlos-iii-de-madrid.html>.
- Pérez Martínez, M., Morales Rodríguez, I. C., y Castro, E. (Mayo, 2017). La hora solar pico equivalente, definición e interpretación. *Revista de Ingeniería Energética*, XXXVIII(2), 126-131. <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/view/506>.

- Protección Civil Tamaulipas. (2011). Atlas de riesgos del Municipio de Nuevo Laredo. <https://www.tamaulipas.gob.mx/proteccioncivil/wp-content/uploads/sites/36/2011/12/ATLAS-DE-RIESGOS-DE-NUEVO-LAREDO.pdf>.
- Reguera Gil, F. J. (2015). *Análisis de la degradación de módulos fotovoltaicos*. (Tesis de Maestría). Universidad Internacional de Andalucía]. <http://hdl.handle.net/10334/3524>.
- Sol Energy (Febrero, 2018). *Degradación en Paneles Solares por Potencial Inducido (PID)*. <https://www.solenergy.mx/es/principal/blog/degradacion-en-paneles-solares-por-potencial-inducido-pid#>.
- Vanegas Chamorro, M., Villicaña Ortiz, E., y Arrieta Viana, L. (2015, junio). Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de La Guajira-Colombia mediante el cálculo de transmisibilidad atmosférica. *PROSPECTIVA*, 13(2). <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496250642007.pdf>
- Vigil Galán, O., Jiménez Olarte, D., Contreras Puente, G. (2018). Efecto de las condiciones medioambientales de México en el desempeño de módulos fotovoltaicos de distintas tecnologías. *Revista Eficiencia Energética*, 4(17), 13-16. http://www.fide.org.mx/wp-content/uploads/2018/05/eficiencia_energetica-17/.
- World Energy Markets Observatory. (2019). *La crisis como oportunidad*. <https://www.capgemini.com/es-es/world-energy-markets-observatory-2019/>.

Fecha de recepción: 05/04/2021

Fecha de revisión: 15/06/2021

Fecha de aceptación: 30/06/2021