

Revista de Ingenierías

Interfaces

Universidad
Libre
Seccional
Cúcuta

Revista
Interfaces

Publicación
Semestral

ISSN:
2619-4473
ISSN-E:
2619-4465

Año 3
N° 2
2020

Julio
-
Diciembre

Pág
146

Centro
Seccional de
Investigaciones

Facultad
de Ingenierías

Contenido Revista de Ingenierías Interfaces Vol. 3 (2):

Riesgos en las microfinanzas: una revisión y análisis bibliométrico

Estructura conceptual del emprendimiento y capital social

Monitoreo estructural basado en sistemas de sensores de fibra óptica

Desarrollo de un sistema alternativo para la evaporación de lixiviado aprovechando la energía solar

Aplicabilidad de las funciones de inspección, vigilancia y control en seguridad y salud en el trabajo en Norte de Santander

Universidad Libre
www.unilibrecucuta.edu.co
Facultad de Ingenierías
Centro Seccional de Investigaciones





UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL CÚCUTA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
CENTRO SECCIONAL DE INVESTIGACIONES

Contenido Revista Interfaces Vol. 3 (2):

- *Riesgos en las microfinanzas: una revisión y análisis bibliométrico*
- *Estructura conceptual del emprendimiento y capital social*
- *Monitoreo estructural basado en sistemas de sensores de fibra óptica*
- *Desarrollo de un sistema alternativo para la evaporación de lixiviado aprovechando la energía solar*
- *Aplicabilidad de las funciones de inspección, vigilancia y control en seguridad y salud en el trabajo en Norte de Santander*

Universidad Libre Seccional Cúcuta	Revista Interfaces	Publicación Semestral	ISSN: 2619-4473 ISSN-E: 2619-4465	Año 3 Nº 2 2020	Julio - Diciembre	Pág 146	Centro Seccional de Investigaciones	Facultad de Ingenierías
------------------------------------	--------------------	-----------------------	--	-----------------------	-------------------------	------------	-------------------------------------	-------------------------



DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA REVISTA DE INGENIERIAS INTERFACES

MISIÓN

Ofrecer un espacio académico para la publicación de trabajos de investigación e innovación en diversos campos de la ingeniería a nivel regional, nacional e internacional.

ALCANCE Y POLÍTICA EDITORIAL

Revista de Ingenierías INTERFACES, revista semestral de la Facultad de Ingenierías de la Universidad Libre Seccional Cúcuta, tiene como propósito ofrecer un espacio académico para la publicación de trabajos de investigación e innovación de diversos campos de la ingeniería.

Es una publicación académica de periodicidad semestral, realizada en Colombia, Departamento Norte de Santander, por el Centro Seccional de Investigaciones y la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Libre Seccional Cúcuta.

Constituye una revista arbitrada que emplea el sistema de revisión por pares a doble ciego (*double blind review*).

Los juicios presentados por los autores en sus artículos no representan la opinión ni criterio de la Institución que edita la Revista.



DIRECTIVAS NACIONALES

Jorge Alarcón Niño, Presidente Nacional

Fernando D'janon Rodríguez, Rector Nacional

DIRECTIVAS SECCIONALES

Holger Andrés Cáceres Medina, Presidente Seccional

Débora Guerra Moreno, Rector Seccional

Diego Armando Yañez Meza, Director Centro Seccional de Investigaciones

Ana Cecilia Verjel Alvarez, Decana Facultad de Ingenierías

Richard Monroy Sepúlveda, Jefe de Área de Ingeniería Aplicada

Se autoriza la reproducción de los artículos
citando la fuente y los créditos de los autores:

Revista de Ingenierías Interfaces. Universidad Libre Seccional Cúcuta

Entidad Editora: Universidad Libre Seccional Cúcuta

Los conceptos y opiniones expresados en los artículos
son responsabilidad de los autores y no comprometen a la Universidad Libre

Forma de adquisición:
canje, suscripción o entrega gratuita

Revista Interfaces:
<http://www.unilibrecucuta.edu.co/ojs/>

Correspondencia:
Avenida 4 N° 12N-81. Barrio El Bosque
Universidad Libre Seccional Cúcuta
Teléfono: 5 82 98 10. Extensión 104
Correo electrónico: revista.interfaces.cuc@unilibre.edu.co
Formato: 17 cm x 24 cm



EQUIPO EDITORIAL

EDITOR

Yebrail Alexis Romero Arcos, Ingeniero de Producción Industrial, M.Sc (c)
Gerencia de Empresas. Docente Investigador Facultad de Ingenierías,
Universidad Libre Seccional Cúcuta.

COMITÉ EDITORIAL

PhD. Sebastián Robledo Giraldo- Universidad Católica Luis Amigo.
Doctorado en Ingeniería - Industria y Organizaciones- Universidad Nacional de
Colombia Sede Manizales.

Maestría en Administración de Empresas- Universidad Nacional de
Colombia Sede Manizales.

Ingeniería industrial- Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

PhD. Edison Albert Zuluaga Hernández- Universidad Nacional de Colombia.
Doctorado en Ingeniería, Ciencia y tecnología de materiales-
Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.

Ingeniería química- Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.
Colombia

COMITÉ CIENTÍFICO

PhD. José José Barba Ortega - Universidad Nacional de Colombia.

Doctorado Física- Universidade Federal De Pernambuco Brasil

Física- Universidad Industrial de Santander, Colombia

Colombia

PhD. Henry Acuña Barrantes-Doctorado Ética Global,
Religiones y Negocios Internacionales-Escuela Superior de Negocios
Internacionales (The Global Business School)

Maestría Neuropsicología y Educación- Universidad Internacional de la Rioja, España.

Economista-Universidad Militar Nueva Granada, Colombia. Colombia

PhD. Néstor Darío Duque Méndez

Doctorado En Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia.

Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Pereira

Colombia

TABLA DE CONTENIDO

Riesgos en las microfinanzas: una revisión y análisis bibliométrico

Risks in microfinance: systematic review and bibliometric analysis

Damiand Felipe Trejos Salazar

Juan Manuel Rivera Álvarez

John Jairo Hurtado Garcés

Pedro Duque 15 - 48

Estructura conceptual del emprendimiento y capital social

Conceptual structure of entrepreneurship and social capital

Martin Eugenio Carvajal Henao

Dahiana Ramírez Carvajal

Adrian Toro Cardona 49 - 72

Monitoreo estructural basado en sistemas de sensores de fibra óptica

Structural monitoring based on fiber optic sensor systems

Juan Sebastián Sanguino Lemus

Gustavo Adolfo Hernández Martínez

Karla Cecilia Puerto López 73 - 97

Desarrollo de un sistema alternativo para la evaporación de lixiviado aprovechando la energía solar.

Development of an alternative system for the evaporation of leached by using solar energy

Francisco Ernesto Moreno García

Jhon Jairo Ramírez Mateus

Sandra Milena Gómez Peñaranda

Pablo Andrés Guerrero

Henry Manuel Navarro 99 - 115

Aplicabilidad de las funciones de inspección, vigilancia y control en seguridad y salud en el trabajo en Norte de Santander

Applicability of inspection, surveillance and control functions in occupational health and safety in Norte de Santander

Luz Belqui Rodríguez Jaimes

Franklin Joel Corzo Mantilla 117-144

EDITORIAL

M.Sc (c)Yebrail Alexis Romero Arcos
Docente Investigador Facultad de Ingenierías,
Universidad Libre Seccional Cúcuta.

En esta ocasión la revista de Ingenierías Interfaces publica la tipología de artículos dentro de sus lineamientos se encuentran los artículos de investigación y de revisión bibliográfica. Los dos primeros artículos desarrollan una metodología donde estructuran una línea temática apoyada en la revisión de bases bibliográficas de consulta como Web of Science (WOS) y Scopus. Por otra parte, uno de los artículos aplicó el algoritmo Tree of Science (ToS) que facilita la comprensión práctica del estado del arte mediante la búsqueda realizada en WoS. El tercer artículo realiza una revisión documental sobre métodos para realizar monitoreo en diferentes tipos de estructuras mediante sensores de fibra óptica. Estos artículos fueron seleccionados de bases de datos suscritas tales como IEEE Xplore, ScienceDirect y Scopus, además de Google Académico. El cuarto artículo propone el diseño, elaboración y puesta en marcha de un prototipo a escala para la evaporización como forma de tratamiento de lixiviados aprovechando la energía irradiada por el sol. Finalmente, el quinto artículo de esta edición, los autores realizaron un análisis riguroso de las normas laborales de los sistemas de riesgos laborales y de la seguridad y salud en el trabajo integrándose a la función de la autoridad concerniente a la vigilancia y control para Norte de Santander.

Riesgos en las microfinanzas: una revisión y análisis bibliométrico*

Risks in microfinance: systematic review and bibliometric analysis

Recibido: abril 15 de 2020 - Evaluado: junio 25 de 2020 - Aceptado: agosto 16 de 2020

Damiand Felipe Trejos-Salazar**

Juan Manuel Rivera-Álvarez***

John Jairo Hurtado-Garcés****

Pedro Luis Duque-Hurtado *****

Para citar este artículo / To cite this Article

D. F. Trejos-Salazar, J. M. Rivera-Álvarez, J. J. Hurtado-Garcés, P. L. Duque-Hurtado, "Riesgos en las microfinanzas: una revisión y análisis bibliométrico" Revista de Ingenierías Interfaces, vol. 3, no. 2, pp.15-48, 2020.

Resumen

Las estrategias de recuperación en las microfinanzas no son las más acertadas. Algunas de las respuestas a estos desaciertos son los riesgos sociales. El tema se ha investigado por más de 25 años dejando muchos interrogantes hasta la actualidad. El objetivo de este artículo fue presentar una revisión bibliométrica y sistemática de los Riesgos en las Microfinanzas, con plataformas como Bibliometrix y Gephi. Se hicieron consultas en bases de datos como WoS y Scopus, que permitieron una clasificación de documentos en tres categorías según su trascendencia; clásicos, estructurales y recientes; adicional, se realiza un análisis de cocitaciones mostrando resultados en cuatro diferentes enfoques: Instituciones, Prevención de

*Artículo inédito: "Riesgos en las microfinanzas: una revisión y análisis bibliométrico".

**Administración de Empresas, Correo electrónico: damiand.trejos@ucaldas.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-3207-5432>

***Administración Financiera, Correo electrónico: juan.277162108101@ucaldas.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-2112-3603>

****Administración Financiera, Correo electrónico: john.277162109300 @ucaldas.edu.co, <https://orcid.org/0000-0003-3043-8241>

*****Administración de Empresas, Correo electrónico: pedro.duque@ucaldas.edu.co, <https://orcid.org/0000-0003-4950-8262>

VIH/SIDA, Crédito y Desarrollo de Género. Concluyendo el incumplimiento de los propósitos microfinancieros.

Palabras clave: riesgo, microcrédito, préstamo, pobreza.

Abstract

Recovery strategies in microfinance are not the most successful. Some of the responses to these failures are social risks. The topic has been researched for over 25 years leaving many questions unanswered until today. The objective of this article is to present a bibliometric and systematic review of the Risks in Microfinance, with platforms such as Bibliometrix and Gephi. Consultations were made in databases such as WoS and Scopus, which allowed a classification of documents into three categories according to their significance; classic, structural and recent; additionally, a quotation analysis is made showing results in four different approaches: Institutions, HIV/AIDS Prevention, Credit and Gender Development. Concluding the non-fulfillment of the microfinance purposes.

Keywords: risk, microcredit, loan, poverty.

1. Introducción

Las microfinanzas son un mecanismo de crédito que utilizan las entidades financieras para apoyar las actividades informales. Contribuye a la reducción de la pobreza dentro de la economía local y entre los prestatarios pobres [1]. Promoviendo la disminución de la violencia de género [2]. Mediante el beneficio y la participación activa en las finanzas [3].

El microcrédito es un instrumento que no solo se enfoca en temas financieros, sino que también tiene alcance y repercusión en factores sociales que son desconocidos para muchos. [4] en su investigación “Financial Performance And Outreach: A Global Analysis Of Leading Microbanks”; afirman que dicho mecanismo, suele traer consigo factores de riesgo para la banca, ya que no es seguro siempre obtener rentabilidad, equilibrio financiero y disminución de costos y gastos. [5] demuestran que los préstamos grupales son más costosos respecto a los individuales, y que éstos últimos aportan mucho más a la rentabilidad de la empresa. [6] afirman que los préstamos en grupo deben contener compromisos de reembolso anticipado, pero

esto podría desincentivar las inversiones de corto plazo. Por otro lado, [7] proponen que el riesgo de contraer VIH / SIDA se puede evitar con programas que instruyan sobre la inversión en microcrédito. [8] con su aporte complementa la idea anterior manifestando y comprobando que bajo una formación de ahorros y de conocimientos financieros, las cifras de contagiados por VIH / SIDA se logran disminuir.

Para poder llevar a cabo este propósito, en primera instancia se realizó una consulta en las bases de datos Web of Science (en adelante WoS) y Scopus sobre el tema “Risk Microfinance”. Después se utilizaron herramientas como Bibliometrix R y Ghepi para poder identificar los principales artículos y clasificarlos en tres categorías: clásicos, estructurales y actuales, todos estos bajo la analogía del árbol (raíces, tronco y hojas respectivamente). Y por último, a través de un análisis de cocitaciones se determinaron las perspectivas en las que se desarrolla la investigación del riesgo en microfinanzas.

Este artículo busca un acercamiento sobre el contexto de los riesgos económicos y sociales que están implicados en el microcrédito, soportados desde una vista cronológica que muestra las diferentes variables expuestas por entes financieros, universidades y otras entidades no gubernamentales. Por consiguiente, el objetivo de este artículo es mostrar una revisión bibliométrica y sistemática de los Riesgos en las Microfinanzas. El documento se compone de tres secciones. La primera detalla la metodología empleada para la búsqueda, selección y procesamiento de los artículos objeto de estudio, en la segunda plantea el desarrollo de la investigación y los resultados, y en la tercera se exponen las conclusiones, recomendaciones y futuras líneas de investigación.

2. Materiales y métodos

La metodología en esta investigación se desarrolló en tres etapas. En la primera se analizó la importancia del tema, para esto se emplea la herramienta Bibliometrix R obteniendo datos bibliométricos que facilitan el mapeo científico [9]. Segundo, se construye la red social de los documentos más relevantes en el área y utilizando la analogía del árbol se clasifican y se revisan. Finalmente, en la tercera etapa utilizando el análisis de cocitaciones se identifican enfoques de trabajo.

Importancia del tema: primera etapa

Para elaborar el artículo se emplearon herramientas digitales que bajo su funcionamiento permitieron reconstruir y estructurar un análisis sobre la evolución del microcrédito en el tiempo. Para ello y a través de las bases de datos Web of Science y Scopus indexadas en la página web de la Universidad de Caldas se logró identificar los artículos que hablan del riesgo de las microfinanzas, utilizando la siguiente ecuación de búsqueda: Tema=(“Risk Microfinance”) con un rango de años entre el 2005 y el 2020.

En esta etapa se analizan cuatro elementos bibliométricos obtenidos mediante las bases de datos Web of Science y Scopus que permitieron examinar la producción científica del tema en cuestión. En primera instancia con base en la información extraída de las bases de datos, se compara y analiza la producción científica por año. En segundo lugar, se revisan cuáles han sido los países con mayores investigaciones en el área. El tercer elemento se centra en los autores más importantes y por último se compara la cantidad de publicaciones de las revistas más destacadas que hablan del tema.

Para el análisis bibliométrico se utiliza Bibliometrix, el cual es código desarrollado por [9]. Esta herramienta ha sido utilizada en diversas investigaciones y en distintas disciplinas que utilizan cartografía científica [10], [11].

Árbol y red: segunda etapa

Mediante el uso de Gephi como herramienta de visualización de datos para explorar los diferentes nodos interconectados, se pudo detectar los autores más relevantes y cantidad de citaciones entre ellos. Esta herramienta se estructura en artículos que conforman la raíz, el tronco y las hojas según su nivel de relación con el tema central, cuya relación se refleja en los grados de intermediación que representan, o dicho de otra manera en la cantidad de citaciones vinculadas. La raíz comprende artículos con una intermediación mayor de salidas que de entradas, en el tronco se ubican artículos que son citados y que citan en gran proporción a otros autores, y las hojas tienden a ser menos citados, pero son los que más citas poseen. Como resultado del proceso detallado anteriormente se obtiene una red compuesta por 2695 artículos que son clasificados en tres categorías bajo la analogía del árbol.

Esta metodología es respaldada por diversas investigaciones [12]–[17].

Perspectivas: tercera etapa

Para identificar las perspectivas o subáreas del tema en la red generada en la etapa anterior, se aplicó el algoritmo de clusterización [18]. Esta técnica permite a través de un análisis de co-citaciones categorizar los documentos. Posteriormente mediante minería de texto se identifican los temas que componen las perspectivas, para ello se emplea el aplicativo R, específicamente el paquete WordCloud [19]. En esta etapa se destacan 4 temas fundamentales que tiene una relación directa con el tema central, y son; Instituciones, VIH, Crédito y Desarrollo de Género. Identificadas las 4 perspectivas se procede a examinar en la red general 6 artículos por cada una que sean recientes y que permitan soportar y sustentar la temática general.

3. Resultados y discusión

Análisis bibliométrico

La Figura 1 muestra la producción de artículos científicos publicados en las bases de datos Scopus y WoS relacionados con el tema de **Riesgo en las microfinanzas** (en adelante RM) desde los últimos 15 años. A partir del año 2012 se presentó un incremento constante de publicaciones reflejados en 746 artículos lo que representa cerca del 78% del total, considerado el periodo con más alta producción. Entre el año 2005 y 2011 se hicieron 208 publicaciones, lo cual indica que ha sido la fase con menos participación.

El año con más publicaciones fue el 2019 con 150 artículos, es decir cerca del 16% del total. La línea de tendencia muestra un aumento en el interés de la comunidad científica en esta área temática, específicamente desde los últimos 5 años que ha venido con una escala ascendente.

También es importante mencionar que la base de datos WoS ha liderado desde el año 2015 la cantidad de publicaciones en comparación con Scopus; en cambio ésta última lo fue en períodos inferiores. El presente artículo fue elaborado en el año 2020 durante los dos primeros meses y al momento de realizarlo se tenían 15 publicaciones.

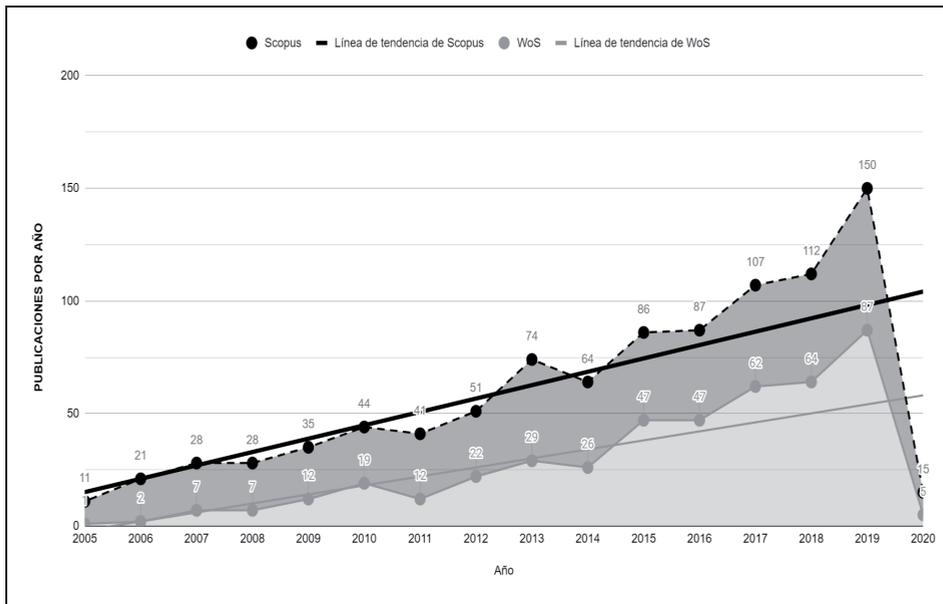


Figura 1. publicaciones por año.

Fuente: Autores.

En cuanto al crecimiento de la producción científica por países, tenemos a Estados Unidos como pionero y principal productor de artículos científicos relacionados con el tema de Riesgo en las Microfinanzas. Sólo este país tiene más de 100 artículos en ambas bases de datos, y se realiza en ambas bases de datos, con 162 en WoS y 143 en Scopus.

En la Tabla I se puede observar el listado de los 10 primeros países líderes en el actual tema de interés. En ambas bases de datos se tienen 9 países similares a excepción de Australia.

Es importante mencionar que dentro del top 10 hay representaciones de 4 países europeos, 2 norteamericanos, 2 asiáticos, 1 africano y finalmente Australia para la región de la Oceanía, y ningún país Latinoamericano figura en este listado.

Tabla I. Publicaciones por país

Publicaciones por país		
Países	WoS	Scopus
Estados Unidos	162	<u>143</u>
Reino Unido	54	<u>75</u>
India	27	<u>39</u>
Alemania	25	<u>29</u>
Francia	17	<u>24</u>
Bélgica	19	<u>23</u>
Canadá	19	<u>15</u>
China	18	<u>22</u>
Australia	26	13
Sudáfrica	16	<u>22</u>

Fuente: Autores.

Continuando con el análisis, llegamos a los autores más destacados en la producción científica en cuanto al tema de interés expuesto en el presente artículo.

La Tabla II muestra los 10 autores más sobresalientes por su número de documentos publicados en cada base de datos. Charlotte Watts es el autor más representativo con 16 publicaciones en WoS y Scopus además de contar con un índice h de 47 (WoS), demostrando así la calidad profesional de sus investigaciones científicas, seguido de Oliver Musshoff que suma 14 artículos.

Los autores analizados en la tabla y de acuerdo al índice h que reflejan cada uno, permite deducir el impacto que generan en el medio, ya que el tema tratado demuestra ser muy acogido para investigaciones de carácter científico.

Las áreas de investigación que en la base de datos WoS se aglomera es en Negocios Económicos (51%), Estudios de Desarrollo (14,6%) y Salud Ocupacional Ambiental Pública (12,6%). En Scopus se centraliza con Ciencias Sociales (27.7%), Economía, Econometría y Finanzas (24,4%) y Medicina (5,9%).

Tabla II. Publicaciones por autor.

Publicaciones por autor					
WoS			Scopus		
Autores	Índice H	Publicaciones	Autores	Índice H	Publicaciones
Watts C	47	10	Musshoff, O.	18	8
Janda K	13	6	Mosley, P.	26	7
Maman S	25	6	Tkiouat, M.	5	6
Mersland R	17	6	Watts, C.	50	6
Musshoff O	16	6	Abramsky, T.	17	5
Phetla G	13	6	Castellani, D.	3	5
Witte SS	19	6	Janda, K.	14	5
Balvanz P	5	5	Lensink, R.	28	5
Busza J	28	5	Mersland, R.	18	5
Hargreaves JR	37	5	Phetla, G.	13	5

Fuente: Autores.

Finalmente, en la Tabla III, se relacionan las 10 revistas científicas en las cuales se han publicados más artículos asociados al tema de Riesgo en las Microfinanzas. En ambas bases de datos se encuentran revistas focalizadas en los temas de Revisión de Finanzas Agrícolas, Desarrollo Mundial, SIDA y comportamiento, Estudios de Desarrollo, Desarrollo Internacional y Ética Empresarial.

Tabla III. Publicaciones por revista

Publicaciones por revista			
WoS		Scopus	
Títulos de Fuente	Publicaciones	Títulos de Fuente	Publicaciones
Aids and behavior	14	Enterprise development and microfinance	28
Journal of development studies	14	Agricultural finance review	16
World development	12	Savings and development	12
Agricultural finance review	11	International journal of social economics	9
Journal of development economics	11	World development	9
International journal of social economics	8	Aids and behavior	7
Journal of international development	6	Journal of development studies	6
Journal of business ethics	5	Journal of international development	6
Journal of business research	5	International journal of disaster risk reduction	5
Plos one	5	Journal of business ethics	5

Fuente: Autores.

La Figura 2, muestra 3 componentes bibliográficos estructurados de la siguiente forma; el primero corresponde a la red de colaboración entre autores, donde se evidencia una ajustada cooperación entre Watts C y Phetla G, ambos dentro del top 10 de autores con más publicaciones en bases de datos como Scopus y Wos, y este último siendo liderado por Watts C. El segundo componente hace referencia a la colaboración entre países, ubicando a Estados Unidos con mayor número de publicaciones, seguido por el Reino Unido y la India, destacando de esta forma el gran impacto de sus artículos.

Por último, se observa la red de citas donde se identifican los autores más relevantes en relación a cantidad de citas [20]. En este caso Morduch J, Cull R, Stiglitz Je y Pronyk Pm hacen parte de la lista de los autores más destacados.

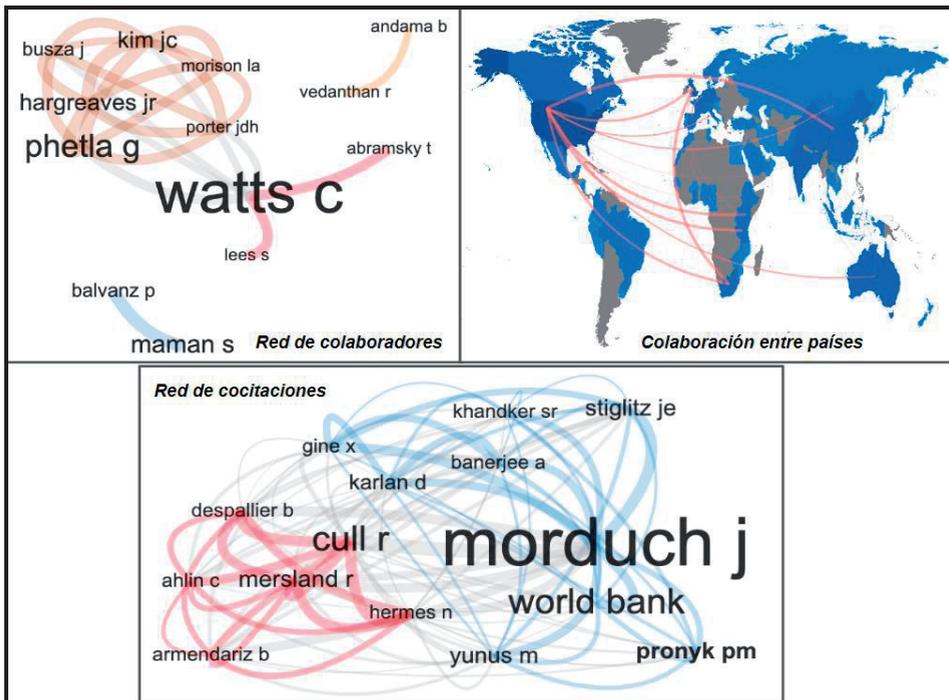


Figura 2. Red de co-citaciones

Fuente: Autores.

Análisis de red

La Figura 3 refleja los tres documentos que predominan dentro de la red, los cuales son:

[21] en su investigación “Peer Monitoring and Credit Markets” explica la forma en que las IMF vigilan a los prestatarios en el correcto uso de los fondos para reducir los índices de incumplimiento de reembolso.

“Financial Performance And Outreach: A Global Analysis Of Leading Microbanks” de [22] enfatiza sobre los riesgos que existen en las microfinanzas cuando se cobran altas tasas de interés, ya que no son aspectos garantes de una alta rentabilidad para las IMF.

“Microfinance Meets the Market”, resalta la importancia y el potencial de las microfinanzas en el mercado como una herramienta de crecimiento financiero y aliado estratégico en los hogares pobres [4].

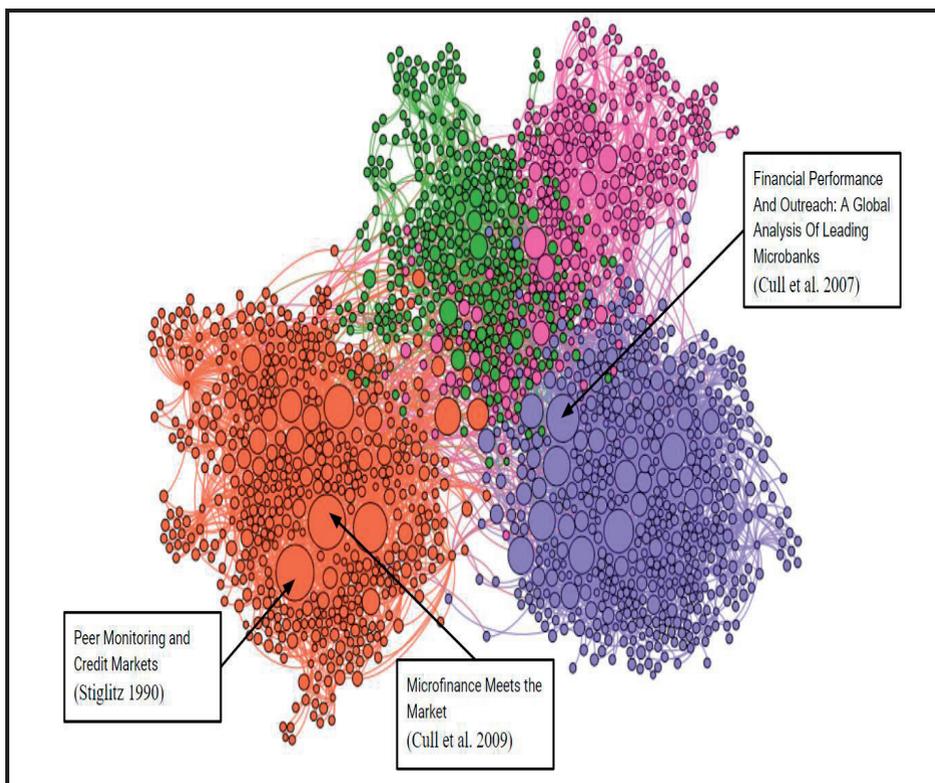


Figura 3. Grafo de red general

Fuente: Autores.

Árbol

La siguiente figura muestra de forma general la clasificación de los artículos encontrados en la presente revisión según su trascendencia e importancia. En la Figura 4 se pueden observar los documentos que fueron analizados en la presente investigación.

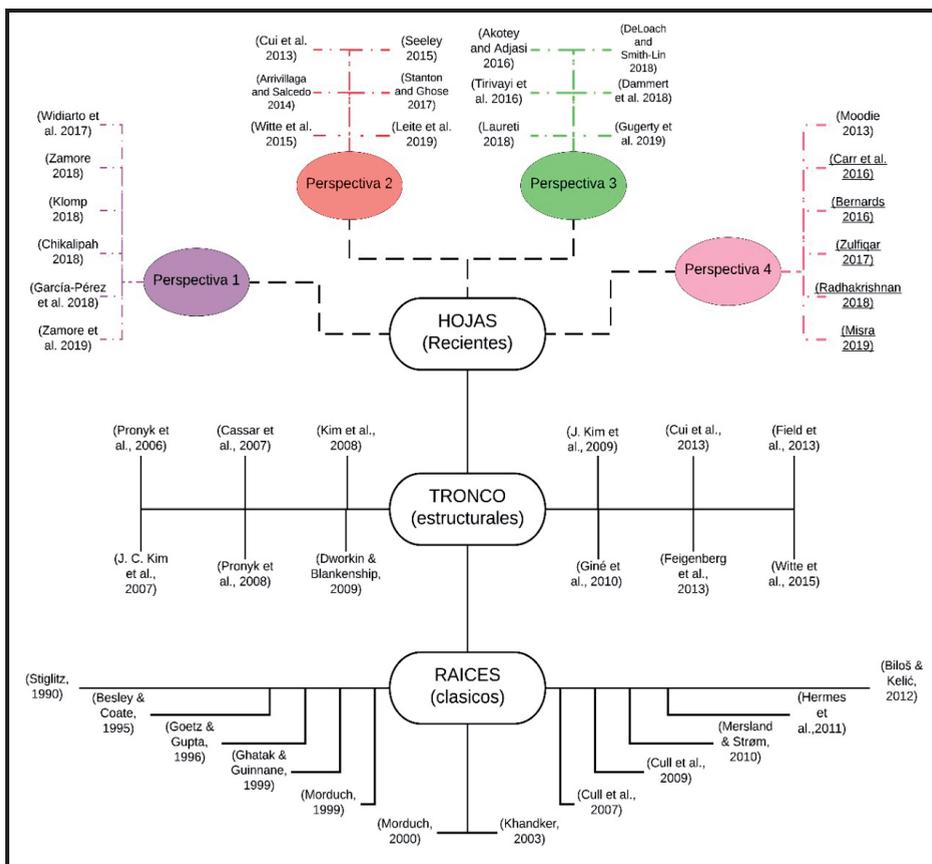


Figura 4. Árbol de red
Fuente: Autores.

Análisis de documentos clásicos

Los documentos recolectados en la raíz del “árbol de la ciencia”, se pueden catalogar como investigaciones que dan respaldo de forma general a las hipótesis de Riesgos en las Microfinanzas. Por ejemplo, [23] explican cómo las IMF buscan contribuir con los niveles de pobreza a través de estrategias enfocadas a las comunidades de bajos recursos. Para [22] las entidades financieras sin ánimo de lucro ofrecen la microfinanciación como un mecanismo de autoayuda para las poblaciones menos favorecidas y por ende se convierte en una importante corriente de finanzas para el mercado. Por otro lado [21] se basa en la vigilancia de prestatarios por partes de los prestamistas institucionales con la finalidad del buen uso de los fondos, y

de que éstos no corran riesgos en el cumplimiento del reembolso. Mientras [24] estudian cómo las IMF han perdido su focus debido a que su misión se ha ido desviando a medida que personas diferentes a sus clientes originales obtienen créditos. [25] analizan las condiciones de préstamo de las entidades financieras a las poblaciones menos favorecidas, siempre y cuando éstas actúen en responsabilidad conjunta con la meta de posibilitar el acceso a los prestamistas y mitigar el riesgo en la omisión de pagos.

[4] la microfinanciación se caracteriza por tener un dilema entre la rentabilidad y el apoyo brindado a los pobres, ya que cobrar altas tasas a estas comunidades de bajos ingresos no son garantías de una rentabilidad lucrativa. Artículo de gran importancia de la raíz como [26] concluye que la situación de pobreza en el mundo, es el resultado en gran parte de las pésimas políticas de gobierno y de las elevadas cifras de corrupción. Lo anterior conlleva a analizar a aquellas instituciones que transforman esas pequeñas esperanzas en realidades bajo la bandera de microfinanciación. [27] en términos de alcance y rendimientos las IMF no poseen ninguna diferencia con las empresas de accionistas en las finanzas, además las regulaciones bancarias no poseen ningún efecto en estas entidades.

Es importante resaltar las razones por las cuales las mujeres acuden a los micro préstamos. [28] se cuestionan la pérdida de control directo de las mujeres sobre sus créditos ya que por lo general detrás de cada una de ellas existe una figura masculina obligándolas a movilizar fondos de recursos con fines diferentes a los que deberían. Además, estos autores, intentan polemizar el empoderamiento en las relaciones de género dentro del hogar, ya que afectan la distribución y el uso del dinero en efectivo y socava la capacidad de las mujeres para mantener el control sobre la forma en que se invierte un préstamo. De acuerdo a [1] la microfinanciación es una herramienta para apoyar las actividades informales las cuales tienen un bajo apoyo de las instituciones financieras para el acceso de créditos, pero es un mercado que mediante dicho mecanismo se puede potenciar la economía local propendiendo bajo unos efectos directos e indirectos por la reducción de la pobreza y del desempleo. También como afirman [29], el Banco Grameen de Bangladesh maneja un esquema de microcrédito a grupos que se hacen responsables en conjunto del reembolso. Éste método se ha convertido en una innovación financiera para las economías

en desarrollo permitiendo beneficios colaterales para los prestamistas y prestatarios, teniendo en cuenta que siempre existe un nivel de riesgo.

Análisis de artículos del tronco

Los registros que se analizan en el tronco permiten dar un giro inesperado en la teoría del “Riesgo en las microfinanzas”, ya que sin pensarlo tiene una relación directa e influyente en temas referentes a la salud tales como el VIH/SIDA y en problemáticas sociales como la violencia intrafamiliar, de género y el machismo.

Relacionando lo anterior, entre los artículos que tenían mayor grado de intermediación, se encuentra el trabajo de [30] quienes realizaron un estudio crítico acerca de la contribución de los créditos o de los programas económicos en la lucha contra el VIH/SIDA. Con esto buscaron intervenir mediante planes de investigación los riesgos y debilidades del empoderamiento económico y sexual de las mujeres, demostrando que la desigualdad, la pobreza y la falta de oportunidades ayudan a la propagación del VIH/SIDA. Además, [31] muestran el impacto social que generan los programas de microcrédito con intervención en población femenina que han sido víctimas de violencia y VIH/SIDA, con el objetivo de destacar las ventajas y aspectos positivos que generan la asesoría de los microcréditos a la población femenina.

Varios autores llevaron a cabo un sinnúmero de experimentos, encuestas y actividades que permitieran evaluar la situación real de las familias pobres y conocer los orígenes y resultados de acceder a los microcréditos. [31] realizó un estudio de forma experimental a grupos de mujeres que han tenido algún tipo de agresión sexual y física en relaciones de pareja. Muy relacionado con lo anterior, [2] veían la microfinanciación como estrategia de ahorro y crédito para los pobres en particular de mujeres que generan bajos ingresos, por lo tanto realizaron encuestas y estudios intentando demostrar que el empoderamiento económico de la mujer puede contribuir a la disminución de la violencia de pareja, con el objetivo de obtener pruebas sobre su alcance en la reducción significativa de la violencia de género.

Finalmente, [32] buscaban evaluar los efectos de la microfinanciación en el comportamiento y riesgo de contraer VIH entre las jóvenes participantes

de las zonas rurales en Sudáfrica. J. Kim et al. [33] relacionan a la mujer con el acceso a los microcréditos para que las tasas de infección del VIH/SIDA disminuyen. Lo anterior porque las mujeres que convergen en la pobreza, se ven abrumadas por las decisiones de sus parejas. Por último y no menos importante, (2015) tenían como objetivo probar que una intervención combinada por ahorro, la microfinanciación y la prevención del VIH lograría reducciones del riesgo sexual en las mujeres que se dedican al trabajo sexual. Los puntos anteriores permiten recalcar el apoyo que reciben las mujeres mediante entidades y organizaciones que estudian esta problemática y que aportan estrategias que permitan manejar y superar situaciones críticas consolidando de esta forma la toma de decisiones por parte del género femenino.

Análisis de artículos recientes

En las hojas se encuentran los artículos más recientes del riesgo de las microfinanzas, obteniendo las diferentes perspectivas que hablan de este tema. El resultado del análisis arrojó 4 enfoques de estudio que aportan a las microfinanzas y su riesgo: Instituto; VIH; crédito; desarrollo de género. [5] analizan la dinámica de los préstamos grupales vs préstamos individuales, y evalúa bajo unos términos establecidos qué método permite un mayor crecimiento financiero a menor riesgo. Por otro lado, [34] comparan los factores cognitivos y el contexto en que se desarrollan las inversiones colectivas vs inversiones tradicionales con el objetivo de dar a Conocer los factores que influyen en las decisiones de inversión en la financiación colectiva. En ese mismo orden de ideas, [35] explican la dinámica del impacto microfinanciero en grupos de pares informales que difieren en aspectos culturales, económicos y sociales, con ello estudian los factores más determinantes que atraen a los inversores y cómo influyen en la toma de sus decisiones. Y por último [36] se fundamentan en demostrar que, para mejorar el rendimiento, el nivel de capital que mantienen las IMF debería depender de la calidad de la cartera de préstamos.

[37] realizó un estudio donde relaciona el impacto de la microfinanciación vinculada a los programas de prevención de VIH, obteniendo como resultados que las mujeres endeudadas se enfrentan a mayores riesgos relacionados con el VIH, con el afán de cubrir y pagar sus deudas. Así

mismo, [38] realizaron un experimento que recoge resultados mediante una intervención agrícola y de microfinanzas diseñada para mejorar la seguridad alimentaria y la disminución de afectados por el VIH/SIDA. Siendo su principal aporte aumentar el nivel de empoderamiento de la vida en pareja para la toma de decisiones. También [8] expresan reducir los niveles de contagiados de VIH a través de una formación financiera.

De igual forma [39], llevó a cabo un estudio que establece pautas financieras para las futuras investigaciones que tienen como objetivo aportar al crecimiento económico y social desde el ámbito del microcrédito. [40] investigan el mercado BOP (conjunto de clientes de bajos ingresos) que se enfoca en los efectos negativos y/o positivos del microcrédito en jóvenes afectados por la guerra. [41] evalúan el post-comportamiento de la población joven afectada por la guerra en temas crediticios.

Por último, [42] Demuestran que las mujeres son más confiables que los hombres a la hora de adquirir créditos, ellas ofrecen más garantías para devolver sus préstamos independientemente del mecanismo al que hayan accedido. [43] examinan la relación entre el riesgo crediticio y la diversificación geográfica en las microfinanzas, para así entender de que existe una relación positiva significativa entre el riesgo geográfico y el riesgo de pérdidas.

Perspectivas encontradas de riesgos en las microfinanzas

A continuación, se describirán de manera individual cada una de las perspectivas encontradas, destacando los componentes más relevantes y significativos dentro de ellas. La integración de estas perspectivas las compone autores estructurales y recientes.

Perspectiva I: riesgos en las microfinanzas desde las instituciones

Una vez reconocidos los artículos que soportan la presente perspectiva (Figura 5), se identifican y exponen los aspectos más llamativos que den claridad sobre el tema. La primera perspectiva examina en gran parte los diferentes riesgos a los que se exponen las Instituciones del Microcrédito (en adelante IMF) en cualquiera que sea su campo de acción llámese

comunidad, aldea, grupos de personas o sociedad en general de cualquier nación. También es importante resaltar que algunos artículos basan su estudio en estrategias y/o mecanismos que pueden emplear las IMF para mitigar los riesgos que enfrentan y así tener mayor crecimiento en el campo financiero.

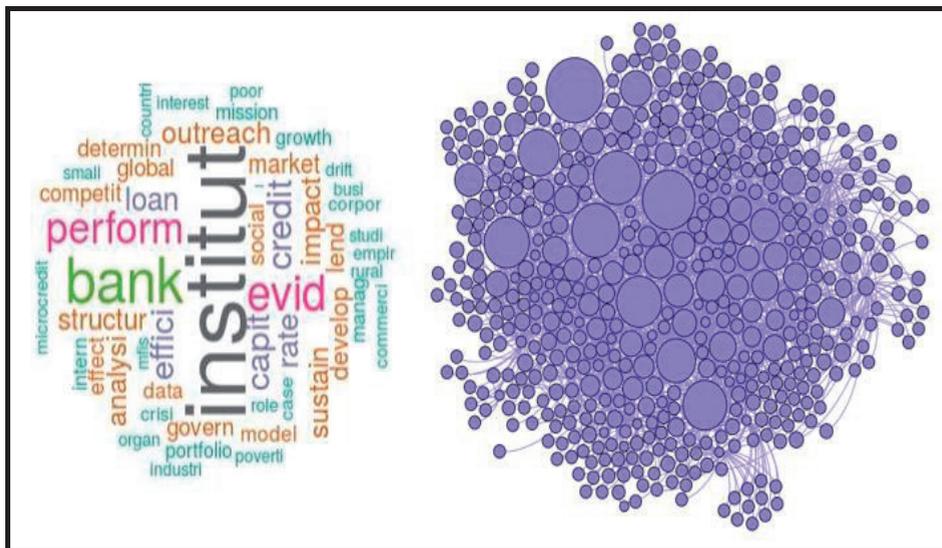


Figura 5. Perspectiva I

Fuente: Autores.

En la actualidad existen riesgos que rodean a las IMF siendo muchas veces desapercibidos o desconocidos por ellos. Por ejemplo, [44] demuestra que la concesión de microcréditos en los pobres excede los límites de los riesgos crediticios; explicado de otra forma sustenta que el tamaño de los créditos tiene relación estrecha con el tamaño del riesgo, y a menor cuantía el riesgo es mucho mayor ya que el respaldo o la existencia de garantías es casi nula y con mayor probabilidad de volverse impagos. [45] examina la relación entre desastres naturales y el tipo de clientes que contactan las IMF, proponiendo un estudio de las áreas regionales basado en suelos, clima, topografía, entre otros, para evitar o disminuir la magnitud de los riesgos de no pago, y que muchas pueden empeorar dependiendo del desarrollo de un país. Por lo tanto, establece indicadores de riesgo y estrategias en la planificación empresarial que permitan evaluar la capacidad de respuesta de las IMF ante situaciones de vulnerabilidad natural.

Algunos autores centran sus estudios en buscar herramientas que impulsen y respalden a las IMF en el campo financiero, ya que son entidades que brindan oportunidades a la comunidad y contribuyen de esta forma a la reducción de la pobreza [1]. [5] en su estudio analiza los diferentes métodos de préstamo que pueden brindar las IMF sin ánimo de lucro que permitan mejorar su rentabilidad y la inclusión de aquellas poblaciones (de menos recursos) que tradicionalmente no tienen acceso al sistema de crédito. Para ello propone un método de préstamo-eficiencia a nivel regional que permite ampliar su estrategia financiera, es decir calcular un método de préstamo para cada región acogiendo a las poblaciones menos favorecidas para el uso de estos mecanismos. Por otro lado, [46] sustenta la necesidad de promover en el sector micro financiero prácticas de gestión sostenible que permitan establecer la relación entre indicadores y el tipo de perfil que las IMF desean desarrollar. Lo anterior tiene como finalidad incorporar dentro de las finanzas sostenibles conceptos que integren lo financiero, lo ambiental, lo social y la gobernanza como elementos principales para la articulación en la toma de decisiones dentro de las entidades, desde definir un mercado objetivo de crecimiento hasta la incorporación de miembros con experiencia en gestión social que ayuden a construir los objetivos de desarrollo de las IMF.

De esta forma se muestran algunos resultados que explican la manera en que las IMF se encuentran expuestas a los riesgos crediticios, pero también se plantean opciones o vías que ayudan a desviar los fracasos a las que están destinadas muchas instituciones y que impulsan sus objetivos a seguir contribuyendo a las poblaciones más afectadas.

Perspectiva II: contribución de las microfinanzas en los índices del VIH / SIDA

A nivel mundial y especialmente en poblaciones con índices económicos muy bajos, existen diferentes problemáticas que estancan el progreso de sus comunidades, y sobre todo cuando están relacionados con temas que afectan la salud, que por consiguiente se transforman en cuestiones sanitarias de mucho riesgo para la sociedad en general.

Algunas de estas problemáticas son los altos niveles de crecimiento de contagio del VIH / SIDA, un problema que absorbe los componentes de integridad familiar principalmente, y es que a raíz de ello se pierden

muchos valores, muchas oportunidades y se entra en una carrera contra el tiempo que obtiene un apoyo casi nulo por parte de sus gobiernos.

Desde el ámbito de las microfinanzas y una vez examinado algunos artículos que competen y sostienen la actual revisión se encontraron aspectos muy interesantes que contribuyen al aumento y también a la disminución de los niveles de contagio del VIH / SIDA (Figura 6) con apoyo de las IMF. Para ello, se mencionan algunos puntos de vista destacados en el tema.

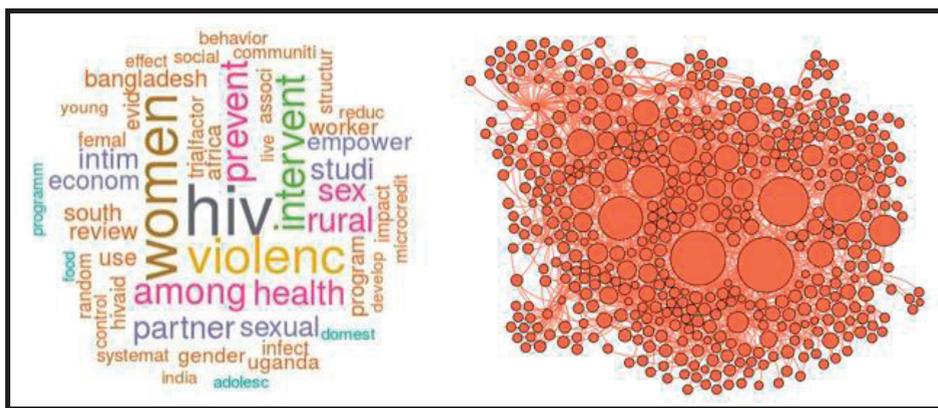


Figura 6. Perspectiva II

Fuente: Autores.

[47] en su revisión sistemática evalúan y demuestran que las intervenciones de microfinanciación presentan efectos beneficiosos para la prevención del VIH / SIDA sobre todo en las mujeres, mediante el empoderamiento económico.

Dicho empoderamiento se logra y se fortalece dependiendo del tipo de programa, ya que su mayoría centran sus objetivos en la sostenibilidad de los créditos principalmente y olvidan las condiciones contextuales a las que quieren contribuir. [7] brinda un aporte valioso con respecto a las causas principales del crecimiento del VIH / SIDA, mencionando en su artículo que las irregularidades en materia de salud obedecen a factores como la pobreza, la desigualdad de género y la violencia intrafamiliar.

También asocia los orígenes explicando que las mujeres envueltas por estas crisis son las más vulnerables ya que ven la necesidad de tener fuentes de ingreso de alguna forma y por lo tanto asumen que el negocio del contacto

No es un secreto que cuando se accede a cualquier tipo de crédito existe un efecto de contraparte del cual se obtienen algunos beneficios, sea tanto el prestamista o como para el prestatario. En el caso de los microcréditos y cuando se trata de población pobre, los beneficios parecen ser mayores ya que aparte del uso que los prestatarios puedan darles, hay una preeminencia que permite mitigar las condiciones de penuria y dependiendo del tipo de programa financiero también se puede lograr cambiar el modo de pensar y de actuar de dicha población. [50] afirman que los microcréditos son herramientas muy valiosas pero que no pueden entregarse de manera individual a sus solicitantes y que por lo tanto debe existir un microseguro que respalde la deuda adquirida.

De esta forma, se estaría asegurando las posibilidades de impago a cambio de un valor adicional en las cuotas del préstamo que no estaría mal visto por los clientes. Por otro lado, [51] soporta su análisis en la necesidad de que las IMF intermedien sus actividades mediante grupos de Auto-Ayuda, ya que tras los resultados obtenidos en su investigación se pudo comprobar que mediante éstos intermediarios financieros existe un mayor nivel de eficacia en la entrega de beneficios y que podrían contribuir e impulsar de manera importante el desarrollo.

Otro aspecto que es necesario destacar en esta perspectiva es acerca del trabajo infantil y en qué forma están actuando las IMF en la entrega de los microcréditos para mejorar dicha problemática. [52] Sostiene que el trabajo infantil es el resultado de un complejo manejo en toma de decisiones de un gobierno en cualquier país que por lo tanto afecta directamente a los hogares más vulnerables, y en hogares donde existen niños y los ingresos son escasos las probabilidades de involucrar a la población infante en el trabajo forzado aumentan porcentualmente.

En su estudio ofrece una visión global de las vías a través de las cuales se puede ayudar a las familias integradas por niños, y mediante su propuesta basada en la modificación e intervención de las políticas microfinancieras se puede lograr asegurar que el trabajo infantil baje sus niveles de crecimiento y participación en cualquier lugar.

Perspectiva IV: inclusión financiera y su aporte al desarrollo de género

Como última perspectiva se tiene el Desarrollo de Género como un objetivo necesario dentro de las microfinanzas, y de acuerdo a los artículos encontrados en esta revisión (Figura 8) muchos autores dan gran importancia al tema posicionando a la mujer como un elemento fundamental para el crecimiento de las IMF mediante los programas de inclusión. Sin embargo, también muestran sus preocupaciones al ver que muchas mujeres en condición de pobreza no reciben el apoyo suficiente debido a su condición de género, siendo sometidas constantemente a situaciones de violencia y discriminación por parte de la sociedad, fortaleciendo negativamente los riesgos en las microfinanzas.

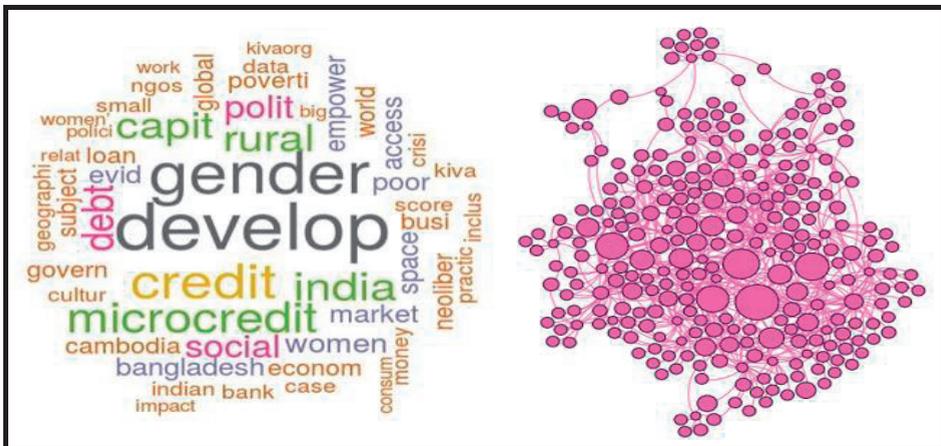


Figura 8. Perspectiva IV

Fuente: Autores.

[53] destacan un defecto de las IMF a nivel global, donde enfatiza que aparte de ser programas que ofrecen grandes alternativas de desarrollo en los pobres y en especial el empoderamiento de género, lastimosamente en muchas ocasiones no cumplen con su principal objetivo desde lo social, ya que son influenciadas por las decisiones políticas de cada país. En contraste también plantea como modelo de inclusión financiera el portal de préstamos llamado KIVA.org; una organización sin ánimo de lucro en los EE.UU con más de 10 años de experiencia en el campo de microfinanzas y emprendimiento, ofreciendo progreso a las personas que viven en la pobreza, y convirtiendo la estrategia de microfinanciación en un programa

universal con valores de transparencia y conexión. Pero el principal aporte de dicha organización es disipar mediante sus métodos de operación las desigualdades en todas sus formas, sea de género, clase, raza y casta.

[3] complementa de ésta forma como otros programas de inclusión financiera tienen grandes resultados en países con poblaciones marginadas de la sociedad, y traza en su artículo el comportamiento de las microfinanzas en Pakistán, donde éste país ha venido tomando fuerza en la actualidad permitiendo que las mujeres se beneficien y participen activamente en las finanzas.

[54] explica y destaca que las IMF sirven con doble propósito; primero como beneficio y segundo como un bien social. En esta última incluye y descifra a través de su estudio, el impacto positivo que tienen las instituciones sobre las poblaciones menos favorecidas específicamente en el tratamiento que se les da a las mujeres. Resalta de esta manera el rol fundamental que tienen las IMF para el empoderamiento de las madres trabajadoras, transformándolas con ayuda de estrategias sólidas de emprendimiento en mujeres más conscientes de sus decisiones y con más poder de crecimiento.

El desarrollo de género ha sido un elemento sustancial para el fortalecimiento de las IMF. Actualmente es un foco de atención que viene teniendo más respaldo a nivel universal, es por ello que la “Inclusión Financiera” es una estrategia competente que sigue dando protagonismo a las mujeres en materia financiera, gracias a los buenos resultados recolectados en diversos estudios y experimentos.

Conclusiones

El artículo muestra una revisión sistemática y un análisis bibliométrico sobre el tema de “Riesgos en las Microfinanzas” mediante un estudio de red. Los resultados se mostraron por medio de la analogía del árbol para comprender mejor visualmente, el desarrollo de este tema. La base del análisis lo comprenden los artículos situados en la “raíz”. El “tronco” lo conforman los artículos que dieron estructura al tema de riesgos en las microfinanzas y los artículos que se encuentran en las “hojas” dan soporte a las cuatro perspectivas definidas.

En cuanto a los datos bibliométricos se observa que en los últimos 5 años de investigación se presenta un aumento de interés de la comunidad científica hacia el estudio de los riesgos en las microfinanzas, reflejando un crecimiento constante del 16% anual. También, países como EE.UU y Reino Unido se destacan en la producción científica de este tema, aunque es importante mencionar que dentro del top 10 no se encuentran países suramericanos.

Como principal aporte, se muestra que las IMF contribuyen de manera significativa a la reducción de la pobreza a nivel mundial, mediante estrategias que permiten la inclusión de las poblaciones marginadas a los sistemas financieros, basadas en cuatro diferentes enfoques: Instituciones, VIH/SIDA, Crédito y Desarrollo de Género.

Los artículos encontrados en la red centraron sus estudios y experimentos en países del continente asiático y africano, donde los índices de pobreza son muy elevados. La acogida de los proyectos microfinancieros en estos sectores han dado grandes resultados gracias al gran apoyo e interés que las IMF han puesto como objetivo en sus programas. Pero también es llamativo ver que muy pocos autores replican estos procesos en Latinoamérica donde también existe gran diversidad de crisis. Para Colombia sería importante examinar si existe en realidad una planificación acertada desde las IMF hacia los enfoques sociales y que contribuyan a la mejoría de sus poblaciones, en términos de calidad de vida, de seguridad social y de crecimiento personal y profesional.

En cuanto al empleo de la palabra riesgos en el sector de las microfinanzas, los autores citados encajan en sus apreciaciones determinando que las IMF puedan cumplir con sus propósitos financieros en términos de rentabilidad, es necesario que involucren políticas de gestión social con la finalidad de generar un mayor impacto en los resultados. Por ello, es indiscutible que las IMF se encuentran expuestas a una gran cantidad de causas de impago por parte de sus prestatarios, ya que las poblaciones menos favorecidas y olvidadas por los gobiernos están rodeadas de muchas problemáticas sociales, tales como la violencia de género, la prostitución, la pobreza extrema, la falta de educación, el aumento en contagios de diversas enfermedades, y muchas otras más, pero también tienen la facultad de

mejorar la realidad de muchas familias pobres y de crear buenos hábitos de pago por medio de programas autosuficientes que sean efectivos en su aplicación.

La presente revisión deja conocer que existen muchas debilidades acerca de la gestión que ejercen las IMF para disminuir los riesgos de no pago en sus préstamos, y también expone cómo los diversos problemas sociales afectan el rendimiento de las instituciones, siempre y cuando éstas no estén preparadas y no tengan planificadas sus estrategias para las cuales fueron constituidas. Es importante tener en cuenta que aquellas poblaciones que están excluidas de los beneficios que cobijan a la sociedad, han sido el resultado de malas decisiones de gobierno que influyen en gran parte en las políticas microfinancieras, es por tanto que se sugiere que las IMF deben fortalecer sus intervenciones financieras de manera contundente, aliviando así los factores sociales negativos que estancan el progreso de las comunidades absorbidas por la falta de oportunidades.

Por último y referente a las 4 perspectivas trabajadas que son, Instituciones, VIH / SIDA, Crédito y Desarrollo de género, existe una conexión que es vista a su vez como un enigma por parte de varias personas y entes. Nos referimos a: ¿Qué están haciendo las IMF para crecer financieramente sin descuidar sus finalidades sociales? Quizás es un tema de amplia discusión, sea para destacar sus valiosas actuaciones y colocarlas como modelos a seguir, o también para recalcar aquellas instituciones que no están comprometidas con su finalidad. Lo que sí es seguro y necesario es que las IMF deben estar en constante dinámica de cambio, es decir actualizarse en estrategias de inclusión, planificar y anticiparse a los riesgos existentes en el mercado, de ésta forma podrán fortalecer sus estructuras operativas, educar y capacitar a sus clientes, y ampliar la cobertura de sus servicios permitiendo el acceso de muchas personas que lo requieren.

Algunas limitantes presentadas en la revisión fueron el uso de dos bases de datos para la selección de artículos científicos. En las perspectivas se encontraron muchos artículos desvinculados al enfoque principal de esta investigación. Investigaciones posteriores lograrán conseguir e identificar las diferentes perspectivas mediante otros métodos de estudio para así corroborar los resultados de la presente revisión. Para los profesionales

en finanzas, en trabajo social, economistas y emprendedores es importante reconocer las microfinanzas como un mecanismo para la inclusión financiera y el desarrollo de comunidades vulnerables.

Referencias

- [1] S. Khandker, “Micro-Finance and Poverty: Evidence Using Panel Data from Bangladesh”, Policy Research Working Papers. 2003 [Online]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1596/1813-9450-2945>
- [2] J. C. Kim et al., “Understanding the impact of a microfinance-based intervention on women’s empowerment and the reduction of intimate partner violence in South Africa”, *Am. J. Public Health*, vol. 97, núm. 10, pp. 1794–1802, oct. 2007, doi: 10.2105/AJPH.2006.095521. [Online]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2105/AJPH.2006.095521>
- [3] G. Zulfqar, “Financializing the poor: ‘dead capital’, women’s gold and microfinance in Pakistan”, *Econ. Soc.*, vol. 46, núm. 3–4, pp. 476–498, oct. 2017, doi: 10.1080/03085147.2017.1412643. [Online]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03085147.2017.1412643>
- [4] R. Cull, A. Demirgüç-Kunt, y J. Morduch, “Financial performance and Outreach: A Global Analysis of Leading Microbanks”, *Econ. J. Nepal*, vol. 117, núm. 517, pp. F107–F133, feb. 2007, doi: 10.1111/j.1468-0297.2007.02017.x. [Online]. Disponible en: <https://academic.oup.com/ej/article/117/517/F107/5089387>
- [5] I. Widiarto, A. Emrouznejad, y L. Anastasakis, “Observing choice of loan methods in not-for-profit microfinance using data envelopment analysis”, *Expert Syst. Appl.*, vol. 82, pp. 278–290, oct. 2017, doi: 10.1016/j.eswa.2017.03.022. [Online]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0957417417301744>
- [6] E. Field, R. Pande, J. Papp, y N. Rigol, “Does the Classic Microfinance Model Discourage Entrepreneurship Among the Poor? Experimental Evidence from India”, *Am. Econ. Rev.*, vol. 103, núm. 6, pp. 2196–2226,

oct. 2013, doi: 10.1257/aer.103.6.2196. [Online]. Disponible en: <http://pubs.aeaweb.org/doi/10.1257/aer.103.6.2196>

[7] S. S. Witte et al., “Efficacy of a savings-led microfinance intervention to reduce sexual risk for HIV among women engaged in sex work: a randomized clinical trial”, *Am. J. Public Health*, vol. 105, núm. 3, pp. e95–102, mar. 2015, doi: 10.2105/AJPH.2014.302291. [Online]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2105/AJPH.2014.302291>

[8] F. M. Ssewamala et al., “A combination intervention addressing sexual risk-taking behaviors among vulnerable women in Uganda: study protocol for a cluster randomized clinical trial”, *BMC Womens. Health*, vol. 19, núm. 1, p. 111, ago. 2019, doi: 10.1186/s12905-019-0807-1. [Online]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12905-019-0807-1>

[9] A. Massimo, y C. Cucurrullo, “bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis”, *J. Informetr.*, vol. 11, núm. 4, pp. 959–975, nov. 2017, doi: 10.1016/j.joi.2017.08.007. [Online]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>. [Consultado: 03-abr-2020]

[10] M. Tani, O. Papaluca, y P. Sasso, “The System Thinking Perspective in the Open-Innovation Research: A Systematic Review”, *JOItmC*, vol. 4, núm. 3, p. 38, ago. 2018, doi: 10.3390/joitmc4030038. [Online]. Disponible en: <http://www.mdpi.com/2199-8531/4/3/38>

[11] D. S. Valencia-Hernandez, S. Robledo, R. Pinilla, N. D. Duque-Méndez, y G. Olivar-Tost, “SAP Algorithm for Citation Analysis: An improvement to Tree of Science”, *Ing. Inv.*, vol. 40, núm. 1, pp. 45–49, ene. 2020, doi: 10.15446/ing.investig.v40n1.77718. [Online]. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingainv/article/view/77718>

[12] S. Buitrago, P. Duque, y S. Robledo, “Branding Corporativo: una revisión bibliográfica”, *Económicas CUC*, vol. 41, núm. 1, 2020, doi: 10.17981/econcuc.41.1.2020.Org.1. [Online]. Disponible en: <https://revistascientificas.cuc.edu.co/economicascuc/article/view/2636>. [Consultado: 02-mar-2020]

[13] M. Zuluaga, S. Robledo, G. A. Osorio Zuluaga, L. Yathe, D. Gonzalez, y G. Taborda, “Metabólica y Pesticidas: Revisión sistemática de literatura usando teoría de grafos para el análisis de referencias”, *nova*, vol. 14, núm. 25, p. 121, jun. 2016, doi: 10.22490/24629448.1735. [Online]. Disponible en: <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/nova/article/view/1735>

[14] J. C. Marín López, S. Robledo, y N. D. Duque-Méndez, “Marketing Emprendedor: Una perspectiva cronológica utilizando Tree of Science”, *Revista Civilizar de Empresa y Economía*, vol. 7, núm. 13, pp. 113–123, 2017 [Online]. Disponible en: <https://revistas.usergioarboleda.edu.co/index.php/ceye/article/view/923>. [Consultado: 02-mar-2020]

[15] P. Duque y L.-S. Cervantes-Cervantes, “Responsabilidad Social Universitaria: una revisión sistemática y análisis bibliométrico”, *estud. gerenc.*, pp. 451–464, dic. 2019, doi: 10.18046/j.estger.2019.153.3389. [Online]. Disponible en: https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios_gerenciales/article/view/3389

[16] P. Duque, O. E. Meza Aguirre, G. A. Zapata Lesmes, y J. D. Giraldo Castellanos, “Internacionalización de empresas latinas: evolución y tendencias”, *ECONÓMICAS CUC*, vol. 42, núm. 1, 2021, doi: 10.17981/econcuc.42.1.2021.Org.1. [Online]. Disponible en: <https://revistascientificas.cuc.edu.co/economicascuc/article/view/3012>. [Consultado: 30-oct-2020]

[17] P. Duque y E. J. Duque, “Marketing digital y comercio electrónico: un análisis bibliométrico”, en *Nuevos modelos de negocio*, M. I. Redondo Ramírez, A. M. Barrera Rodríguez, y C. C. Duque Gómez, Eds. Centro de Investigaciones Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables, 2020, pp. 74–96 [Online]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10901/18463>. [Consultado: 30-oct-2020]

[18] V. D. Blondel, J.-L. Guillaume, R. Lambiotte, y E. Lefebvre, “Fast unfolding of communities in large networks”, *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, vol. 2008, núm. 10, p. P10008, 2008, doi: 10.1088/1742-5468/2008/10/p10008. [Online]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-5468/2008/10/p10008>

[19] A. Ohri, *R for Business Analytics*. Springer Science & Business Media, 2012 [Online]. Disponible en: <https://play.google.com/store/books/details?id=D2Su4qomE4sC>

[20] H. D. White, “Pathfinder networks and author cocitation analysis: A remapping of paradigmatic information scientists”, *J. Am. Soc. Inf. Sci.*, vol. 54, núm. 5, pp. 423–434, mar. 2003, doi: 10.1002/asi.10228. [Online]. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1002/asi.10228>

[21] J. E. Stiglitz, “Peer Monitoring and Credit Markets”, *World Bank Econ. Rev.*, vol. 4, núm. 3, pp. 351–366, 1990, doi: 10.1093/wber/4.3.351. [Online]. Disponible en: <https://academic.oup.com/wber/article-lookup/doi/10.1093/wber/4.3.351>

[22] R. Cull, A. Demirgüç-Kunt, y J. Morduch, “Microfinance Meets the Market”, *J. Econ. Perspect.*, vol. 23, núm. 1, pp. 167–192, ene. 2009, doi: 10.1257/jep.23.1.167. [Online]. Disponible en: <http://pubs.aeaweb.org/doi/10.1257/jep.23.1.167>

[23] N. Hermes, R. Lensink, y A. Meesters, “Outreach and Efficiency of Microfinance Institutions”, *SSRN Electronic Journal*, 2008, doi: 10.2139/ssrn.1143925. [Online]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1143925>

[24] R. Mersland y R. Ø. Strøm, “Microfinance Mission Drift?”, *World Dev.*, vol. 38, núm. 1, pp. 28–36, ene. 2010, doi: 10.1016/j.worlddev.2009.05.006. [Online]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0305750X09000990>

[25] M. Ghatak y T. W. Guinnane, “The economics of lending with joint liability: theory and practice”, *Journal of Development Economics*, vol. 60, núm. 1. pp. 195–228, 1999 [Online]. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s0304-3878\(99\)00041-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0304-3878(99)00041-3)

[26] J. Morduch, “The Microfinance Promise”, *J. Econ. Lit.*, vol. 37, núm. 4, pp. 1569–1614, dic. 1999, doi: 10.1257/jel.37.4.1569. [Online]. Disponible en: <http://pubs.aeaweb.org/doi/10.1257/jel.37.4.1569>

[27] R. Mersland y R. Øystein Strøm, “Performance and governance in microfinance institutions”, *Journal of Banking & Finance*, vol. 33, núm. 4, pp. 662–669, abr. 2009, doi: 10.1016/j.jbankfin.2008.11.009. [Online]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378426608002835>

[28] A. M. Goetz y R. S. Gupta, “Who takes the credit? Gender, power, and control over loan use in rural credit programs in Bangladesh”, *World Dev.*, vol. 24, núm. 1, pp. 45–63, ene. 1996, doi: 10.1016/0305-750X(95)00124-U. [Online]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0305750X9500124U>

[29] T. Besley y S. Coate, “Group lending, repayment incentives and social collateral”, *J. Dev. Econ.*, vol. 46, núm. 1, pp. 1–18, feb. 1995, doi: 10.1016/0304-3878(94)00045-E. [Online]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/030438789400045E>

[30] S. L. Dworkin y K. Blankenship, “Microfinance and HIV/AIDS prevention: assessing its promise and limitations”, *AIDS Behav.*, vol. 13, núm. 3, pp. 462–469, jun. 2009, doi: 10.1007/s10461-009-9532-3. [Online]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s10461-009-9532-3>

[31] P. M. Pronyk et al., “Effect of a structural intervention for the prevention of intimate-partner violence and HIV in rural South Africa: a cluster randomised trial”, *Lancet*, vol. 368, núm. 9551, pp. 1973–1983, dic. 2006, doi: 10.1016/S0140-6736(06)69744-4. [Online]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673606697444>

[32] P. M. Pronyk et al., “A combined microfinance and training intervention can reduce HIV risk behaviour in young female participants”, *AIDS*, vol. 22, núm. 13, pp. 1659–1665, ago. 2008, doi: 10.1097/QAD.0b013e328307a040. [Online]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/QAD.0b013e328307a040>

[33] J. Kim, P. Pronyk, T. Barnett, y C. Watts, “Exploring the role of economic empowerment in HIV prevention”, *AIDS*, vol. 22 Suppl 4, pp. S57–71, dic. 2008, doi: 10.1097/01.aids.0000341777.78876.40. [Online]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/01.aids.0000341777.78876.40>

[34] A. Hoegen, D. M. Steininger, y D. Veit, “How do investors decide? An interdisciplinary review of decision-making in crowdfunding”, *Electron Markets*, vol. 28, núm. 3, pp. 339–365, ago. 2018, doi: 10.1007/s12525-017-0269-y. [Online]. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s12525-017-0269-y>

[35] G. Dorfleitner, E.-M. Oswald, y R. Zhang, “From Credit Risk to Social Impact: On the Funding Determinants in Interest-Free Peer-to-Peer Lending”, *J. Bus. Ethics*, vol. 84, p. 488, nov. 2019, doi: 10.1007/s10551-019-04311-8. [Online]. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s10551-019-04311-8>

[36] G. A. Afrifa, E. Gyapong, y A. M. Zalata, “Buffer capital, loan portfolio quality and the performance of microfinance institutions: A global analysis”, *Journal of Financial Stability*, vol. 44, p. 100691, oct. 2019, doi: 10.1016/j.jfs.2019.100691. [Online]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1572308918304248>

[37] J. Seeley, “Microfinance and HIV prevention”, *Rev. Afr. Polit. Econ.*, vol. 42, núm. 145, pp. 488–496, jul. 2015, doi: 10.1080/03056244.2015.1064372. [Online]. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03056244.2015.1064372>

[38] J. M. Zakaras et al., “A Qualitative Investigation of the Impact of a Livelihood Intervention on Gendered Power and Sexual Risk Behaviors Among HIV-Positive Adults in Rural Kenya”, *Arch. Sex. Behav.*, vol. 46, núm. 4, pp. 1121–1133, may 2017, doi: 10.1007/s10508-016-0828-x. [Online]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s10508-016-0828-x>

[39] R. Townsend, “Financial Structure and Economic Welfare: Applied General Equilibrium Development Economics”, *Annu. Rev. Econom.*, vol. 2, pp. 507–546, sep. 2010, doi: 10.1146/annurev.economics.102308.124427. [Online]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.economics.102308.124427>

[40] C. Jebarajakirthy, A. Lobo, y C. Hewege, “Enhancing youth’s attitudes towards microcredit in the bottom of the pyramid markets: Attitudes towards

microcredit in the BOP market”, *Int. J. Consum. Stud.*, vol. 39, núm. 2, pp. 180–192, mar. 2015, doi: 10.1111/ijcs.12166. [Online]. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1111/ijcs.12166>

[41] C. Jebarajakirthy y A. Lobo, “A study investigating attitudinal perceptions of microcredit services and their relevant drivers in bottom of pyramid market segments”, *Journal of Retailing and Consumer Services*, vol. 23, pp. 39–48, mar. 2015, doi: 10.1016/j.jretconser.2014.12.005. [Online]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0969698914001726>

[42] A. Z. M. Shahriar, L. A. Unda, y Q. Alam, “Gender differences in the repayment of microcredit: The mediating role of trustworthiness”, *Journal of Banking & Finance*, vol. 110, p. 105685, ene. 2020, doi: 10.1016/j.jbankfin.2019.105685. [Online]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378426619302596>

[43] S. Zamore, L. A. Beisland, y R. Mersland, “Geographic diversification and credit risk in microfinance”, *Journal of Banking & Finance*, vol. 109, p. 105665, dic. 2019, doi: 10.1016/j.jbankfin.2019.105665. [Online]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378426619302407>

[44] S. Chikalipah, “Credit risk in microfinance industry: Evidence from sub-Saharan Africa”, *Review of Development Finance*, vol. 8, núm. 1, pp. 38–48, jun. 2018, doi: 10.1016/j.rdf.2018.05.004. [Online]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1879933718300617>

[45] J. Klomp, “Do natural catastrophes shake microfinance institutions? Using a new measure of MFI risk”, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 27, pp. 380–390, mar. 2018, doi: 10.1016/j.ijdr.2017.10.026. [Online]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212420917303230>

[46] I. García-Pérez, M. J. Muñoz-Torres, y M. Á. Fernández-Izquierdo, “Microfinance institutions fostering sustainable development”, *Sustainable Development*, vol. 26, núm. 6, pp. 606–619, nov. 2018, doi: 10.1002/sd.1731. [Online]. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1002/sd.1731>

[47] M. Arrivillaga y J. P. Salcedo, “A systematic review of microfinance-based interventions for HIV/AIDS prevention”, *AIDS Educ. Prev.*, vol. 26, núm. 1, pp. 13–27, feb. 2014, doi: 10.1521/aeap.2014.26.1.13. [Online]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1521/aeap.2014.26.1.13>

[48] M. C. Stanton y T. Ghose, “Community-Led Economic Initiatives with Sex Workers: Establishing a Conceptual Framework for a Multidimensional Structural Intervention”, *Sex. Res. Social Policy*, vol. 14, núm. 4, pp. 454–466, dic. 2017, doi: 10.1007/s13178-017-0275-z. [Online]. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s13178-017-0275-z>

[49] T. H. Leite, C. L. de Moraes, E. S. Marques, R. Caetano, J. U. Braga, y M. E. Reichenheim, “Women economic empowerment via cash transfer and microcredit programs is enough to decrease intimate partner violence? Evidence from a systematic review”, *Cad. Saude Publica*, vol. 35, núm. 9, p. e00174818, sep. 2019, doi: 10.1590/0102-311X00174818. [Online]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311X00174818>

[50] J. O. Akotey y C. K. D. Adjasi, “Does Microcredit Increase Household Welfare in the Absence of Microinsurance?”, *World Dev.*, vol. 77, pp. 380–394, ene. 2016, doi: 10.1016/j.worlddev.2015.09.005. [Online]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0305750X15002223>

[51] M. K. Gugerty, P. Biscaye, y C. Leigh Anderson, “Delivering development? Evidence on self-help groups as development intermediaries in South Asia and Africa”, *Dev. Policy Rev.*, vol. 37, núm. 1, pp. 129–151, ene. 2019, doi: 10.1111/dpr.12381. [Online]. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1111/dpr.12381>

[52] A. C. Dammert, J. de Hoop, E. Mvukiyeye, y F. C. Rosati, “Effects of public policy on child labor: Current knowledge, gaps, and implications for program design”, *World Dev.*, vol. 110, pp. 104–123, oct. 2018, doi: 10.1016/j.worlddev.2018.05.001. [Online]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0305750X18301499>

[53] J. Carr, E. Dickinson, S. L. McKinnon, y K. R. Chávez, “Kiva’s Flat, Flat World: Ten Years of Microcredit in Cyberspace”, *Globalizations*, vol.

13, núm. 2, pp. 143–157, mar. 2016, doi: 10.1080/14747731.2015.1062603. [Online]. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14747731.2015.1062603>

[54] S. Radhakrishnan, “Empowerment, Declined: Paradoxes of Microfinance and Gendered Subjectivity in Urban India”, *Signs: Journal of Women in Culture and Society*, vol. 44, núm. 1, pp. 83–105, sep. 2018, doi: 10.1086/698278. [Online]. Disponible en: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/698278>

Estructura conceptual del emprendimiento y capital social*

Conceptual structure of entrepreneurship and social capital

Recibido: junio 10 de 2020 - Evaluado: julio 2 de 2020 -

Aceptado: septiembre 28 de 2020

Martin Eugenio Carvajal-Henao **

Dahiana Ramírez-Carvajal ***

Adrian Toro-Cardona****

Para citar este artículo / To cite this Article

M. E. Carvajal-Henao, D. Ramírez-Carvajal, A. Toro-Cardona, "Estructura conceptual del emprendimiento y capital social" Revista de Ingenierías Interfaces, vol. 3, no. 2, pp. 49-72, 2020.

Resumen

Esta investigación describe la importancia, evolución y estructura conceptual del emprendimiento y capital social durante los últimos 18 años. Para este fin, se usa como base la plataforma de consulta Web of Science y partiendo de herramientas cuantitativas, se realiza un análisis de las publicaciones realizadas en el tema, además de un análisis de citas. Luego se aplicó el algoritmo Tree of Science (ToS) y, finalmente, se identifican las subáreas del tema abordado. Este trabajo muestra tres subáreas: la primera da a conocer las oportunidades del capital social para la realización de los proyectos. La segunda muestra como la generación de redes empresariales ayuda a la consecución de recursos y genera oportunidades de negocio. Por último, la tercera determina cómo se generan las redes de Integración

*Artículo inédito: "Estructura Conceptual del Emprendimiento y Capital Social".

**Administrador de Empresas, Correo electrónico: Martin.carvajalhe@amigo.edu.co, <http://orcid.org/0000-0001-6047-4230>

***Administradora de Empresas, Correo electrónico: dahiana.ramirezca@amigo.edu.co, <https://orcid.org/0000-0003-1040-1126>

****Administrador de Empresas, Correo electrónico: adrian.toroca@amigo.edu.co, <https://orcid.org/0000-0003-4714-3271>

Social a partir de las redes empresariales. Este artículo, explora el empalme existente entre el capital social, el emprendimiento y la generación de redes empresariales, con el fin de generar mayores recursos y fortalecer el crecimiento y surgimiento de nuevas empresas a través de lazos fuertes y débiles generados en dichas redes. De igual manera, este trabajo expone cómo los líderes empresariales deben aprovechar su capital humano, ubicándolo de tal manera que puedan generar nuevas oportunidades para la organización mediante el aprovechamiento de sus capacidades, conocimientos previos y redes sociales. Por último, cabe resaltar que en este trabajo se muestra como el capital social es relevante en la creación de redes empresariales y comunidades internas a través de procesos de cooperación. Como complemento es de gran relevancia tener en cuenta el capital cultural del mercado objetivo ya que conociéndolo se tendrá mayor aceptación de las empresas emergentes. Futuras investigaciones podrían ampliar estas subáreas.

Palabras clave: emprendimiento, evolución, oportunidad, redes empresariales, capital social.

Abstract

This research describes the importance, evolution and conceptual structure of entrepreneurship and social capital during the last 18 years. For this purpose, the Web of Science consultation platform is used as a basis and based on scientometric tools, an analysis of the publications made on the subject is carried out, in addition to an analysis of citations. Then the Tree of Science (ToS) algorithm was applied and, finally, the subareas of the topic addressed were identified. This work shows three subareas: the first shows the opportunities of social capital to carry out projects. The second shows how the generation of business networks helps to obtain resources and generates business opportunities. Finally, the third determines how Social Integration networks are generated from business networks. This article explores the connection between social capital, entrepreneurship and the generation of business networks, in order to generate greater resources and strengthen the growth and emergence of new companies through strong and weak ties generated in these networks. In the same way, this work exposes how business leaders should take advantage of their human capital, placing it in such a way that they can generate new opportunities for the organization by taking advantage of their capacities, previous knowledge and social networks. Finally, it should be noted that this work shows how social capital is relevant in the creation of business networks and internal communities through cooperation processes. As a complement, it is of great relevance to take into account the cultural capital of the target market since knowing it will have a greater acceptance of emerging companies. Future research could expand these subareas.

Keywords: entrepreneurship, evolution, opportunities, business networks, social capital.

1. Introducción

El capital social en el emprendimiento es de vital importancia debido a que depende de una innovación personal y por ende del entorno para evitar su estancamiento, dando la fuerza necesaria para continuar con su evolución, y así ser la base para la generación de nuevos conocimientos [1]. Uno de sus principales beneficios es que se convierte en el pilar de la entidad al ser práctico en la consecución de objetivos, aumentando así su ventaja competitiva y demostrando el valioso desempeño que posee un individuo al interior de una organización. además de brindar el acceso de las empresas a la indagación de conocimientos basados en los procesos colectivos. El capital social es la base para reconocer y aprovechar las nuevas oportunidades. Así mismo Osorio [2], realiza una revisión literaria sobre la relación de emprendimiento y liderazgo llegando a la conclusión que los líderes deben tener la capacidad para desarrollar un emprendimiento y la creación de empleo.

Para entender el concepto capital social se han encontrado muchas personas interesadas en el tema, expertos en diferentes materias que intentan aclarar las dudas, respecto a cómo las diferentes interacciones sociales podrían dar solución a problemas de exclusión empresarial [3], arrojando así ciertas respuestas a las preguntas que existen sobre la teoría del emprendimiento. Al no tenerse la claridad adecuada se podría identificar la importancia para aplicarlas al interior de las entidades que se esfuerzan por estar siempre en una constante evolución [4]. Debido a esto, Stam et al [5] realizan un meta análisis encaminado a determinar las relaciones entre los emprendedores y las pequeñas empresas, mostrando que el vínculo entre capital social y el desempeño es positiva.

Para lograr el objetivo, primero se lleva a cabo una consulta en WoS sobre “entrepreneur* and social capital”. se carga a la plataforma web ToS. Por último, se dan a conocer las investigaciones de acuerdo a su ubicación en el árbol, en la raíz los clásicos, en el tronco los estructurales y, finalmente, en las hojas los artículos más recientes. Esto permite entender el concepto y

los aportes que se han realizado. De igual manera, determinar las subáreas del tema.

Se da continuidad a la metodología, explicando el proceso de búsqueda de los principales trabajos. Después se resaltan cronológicamente los aportes más destacados hasta las diferentes subáreas identificadas tales como: oportunidades del capital social, generación de redes empresariales y redes de integración social. Se concluye que la clave que tiene el emprendimiento y capital social en la generación de ventajas competitivas de empresas, es el aporte en el cambio sobre las prácticas de gestión empresarial.

2. Materiales y métodos

La metodología se estructuró en tres momentos (Figura 1), inicialmente se realizó un análisis sobre la importancia del tema con indicadores bibliométricos. Después se analizó la cronología usando la metáfora del árbol. Por último, se extrajeron las subáreas del tema de investigación a partir de las citas. Se generó el mapa de los artículos y su interacción utilizando la teoría de grafos que propuso en 1941 Leonhard Euler, aplicada ampliamente en investigaciones en las ciencias sociales [6]. Con ella se extrae información relevante de las características de la red. Para ello se empleó la herramienta Gephi, que permite el análisis y la visualización de la red [7]. El análisis bibliométrico se realizó mediante la herramienta Bibliometrix, con esta se facilita el mapeo científico [8]. Se observa con Gephi y se evalúan los indicadores como el Indegree que hace referencia al número de citas de un artículo en particular, el Outdegree se refiere a la cantidad de veces de citas que se hace en un trabajo a otros, también se considera como el número de enlaces que tiene este [9]. Esta metodología ha sido validada por otras investigaciones [10], [11].

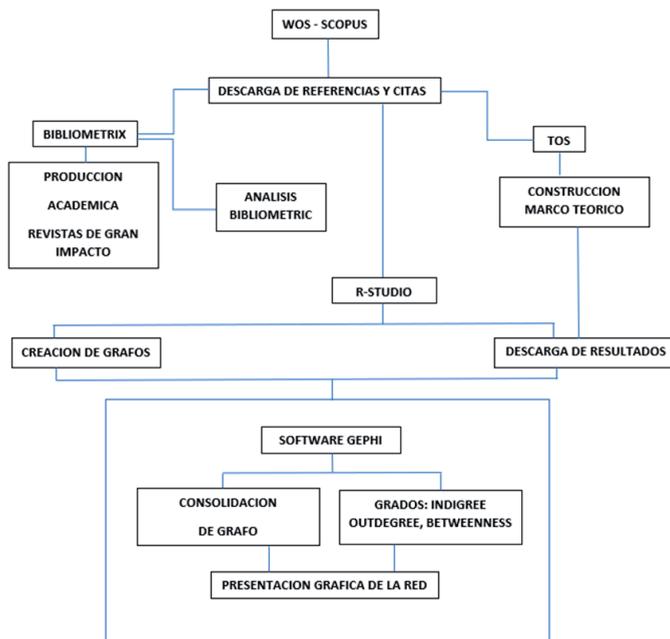


Figura 1. Pasos para identificar los artículos.

Fuente: Autores

Paso 1: Análisis bibliométrico

En la construcción del artículo, se usaron herramientas para obtener una respuesta de la historia y/o evolución del emprendimiento y capital social y sus diferentes Subáreas. Primero se ingresó a Web of Science (WoS) para buscar artículos científicos referentes al tema en desarrollo. Se realiza la búsqueda con el parámetro en Title: entrepreneur* y en tema: “social capital” los resultados dieron 485 registros.

Paso 2: Tree of Science

Los resultados, se cargaron en (ToS) [12]. Esto facilita la comprensión práctica del estado del arte mediante la búsqueda realizada en WoS. El algoritmo de ToS tiene su base en la teoría de grafos, en ella las investigaciones son representadas por nodos y las citaciones como links. Así, cada nodo es un segmento del conocimiento ubicado en la red. Los

más importantes se identifican por su posición, que es definida por los links conectores. Es por ello, que los artículos de la raíz son los que citan más en el tema emprendimiento y capital social, las investigaciones del tronco citan a la raíz y a su vez son citados por artículos de las hojas. Finalmente, en las hojas se ubican artículos que citan a las anteriores categorías. Con ello, la información se presenta en forma de árbol.

Paso 3: Análisis de citaciones

Se procede a analizar y estudiar los artículos con mayor relevancia, seleccionando cinco de cada área. De esta manera, se tiene una visión de la historia, bases y desarrollos del emprendimiento y capital social según los análisis obtenidos por autores citados, logrando una completa orientación y acercarnos un poco más al objetivo principal. Identificadas las investigaciones, se examinaron los conceptos más relevantes para obtener una visión amplia del tema y presentarlo cronológicamente. Realizando una búsqueda respecto a las citaciones obtenidas vemos cuáles son las más notorias según la Figura 2, nos demuestra que desde hace mucho tiempo se tienen unas bases y grandes aportes por parte de diferentes personajes mencionados.

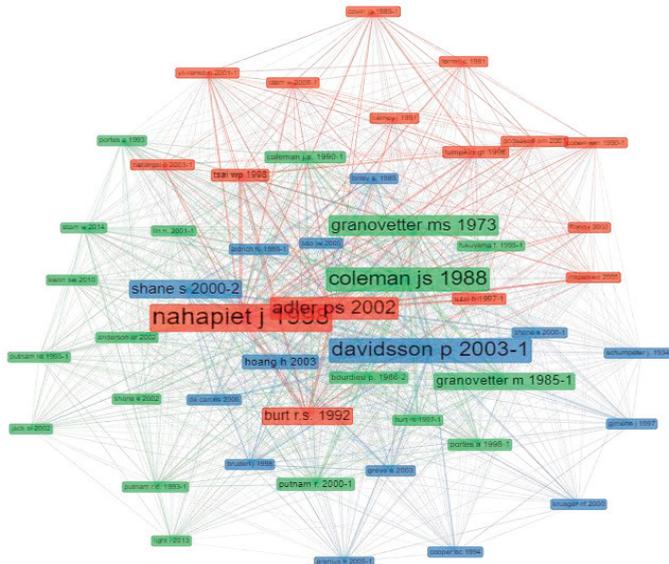


Figura 2. Citaciones importantes.

Fuente: Autores

En la Figura 3, se determinan la gran cantidad de redes de citas resaltando sus nodos y zonas más importantes. Se identifica el nivel de profundidad en cada enlace y como surgen según su importancia las subáreas, con ayuda de las herramientas de estudio que nos da un enfoque más claro respecto al tema.

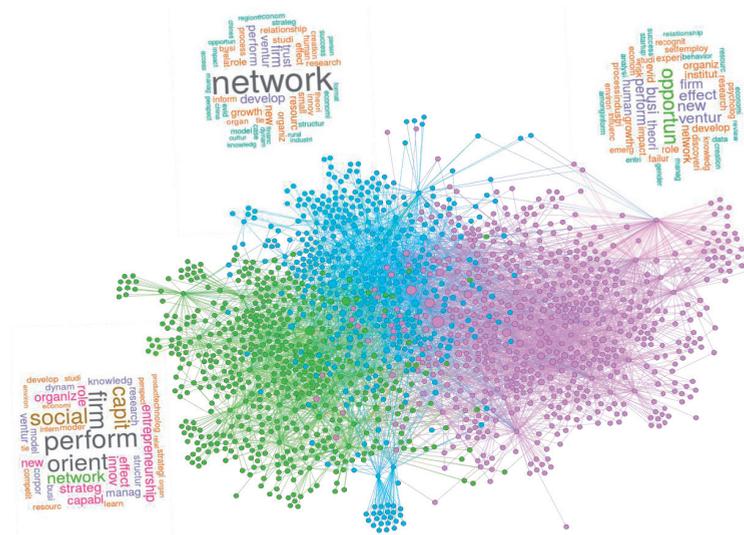


Figura 3. Red de citas del capital social y emprendimiento.

Fuente: Autores

3. Resultados y discusión

Importancia

La Figura 4, muestra la producción científica publicada en WoS y Scopus del Emprendimiento y Capital Social, entre los años 2001 y 2019. Para el año 2004 se habían publicado 8 documentos, este periodo fue el menos productivo. Posterior a esto, se ve un incremento en el interés de la comunidad científica en la publicación de artículos sobre el tema, entre el año 2005 y 2012, representando un 19% del total de publicaciones. La tasa anual de crecimiento es del 22%, También se resalta, la similitud entre ambas bases de datos en cuanto al número de publicaciones para los últimos 8 años. A partir del 2012, se ve un aumento positivo en la base de datos de WoS y una baja en Scopus sin dejar atrás su importante aporte evolutivo al tema emprendimiento y capital social.

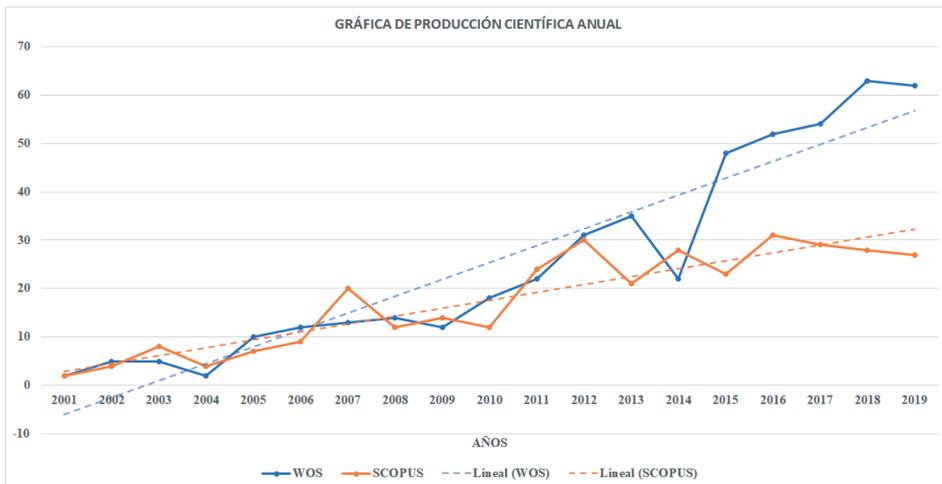


Figura 4. Producción científica anual.
Fuente: Autores

En la Tabla I, se observan las 5 revistas que han sido más importantes y más citadas en el transcurso del tiempo en la base de datos WoS, siendo Entrepreneurship Theory And Practice, Entrepreneurship And Regional Development y Small Business Economics las más representativas cada una con 20, 18 y 16 artículos. Sus cuartiles (Q1) indican que son las más aceptadas por los investigadores sin desmeritar los (Q2) ya que todos tienen importantes argumentos que ayudarán a la creación de los artículos científicos relacionados con el tema emprendimiento y capital social.

Tabla I. Listado de revistas.

Revistas	Artículos	Cuartil	Índice H
Entrepreneurship Theory And Practice	20	Q1	140
Entrepreneurship And Regional Development	18	Q1	83
Small Business Economics	16	Q1	120
International Journal Of Entrepreneurial Behavior Research	13	Q2	62
International Entrepreneurship And Management Journal	12	Q2	50

Fuente: Autores

Mirada histórica - Tree of Science

Los artículos ubicados en la raíz del “árbol de la ciencia”, se definen como investigaciones de soporte en el tema emprendimiento y capital social. En las raíces explica los resultados obtenidos por los expertos donde se identifica el capital social como ventaja competitiva al interior de las organizaciones [13].

Así mismo, si iniciamos un análisis basado en grupos de trabajo denotamos que las diferentes redes que se componen, siempre crean lazos dependiendo de la cercanía, y es por esto que en ocasiones se tiene una gran interacción creando un muro o un distanciamiento para poner en marcha la teoría de capital social [14].

Algunas de las condiciones que se analizan para poder determinar la poca utilización del capital social en las organizaciones se basa en gran medida a las condiciones sociales [15], las condiciones familiares y las expectativas que se tienen acerca del futuro donde no encuentran una finalidad [16]. Por esta razón [17] indica que los estudios adelantados no arrojan un resultado prometedor aun para dar solución o por lo menos para generar un enlace positivo como lo tiene otras teorías (Figura 7).

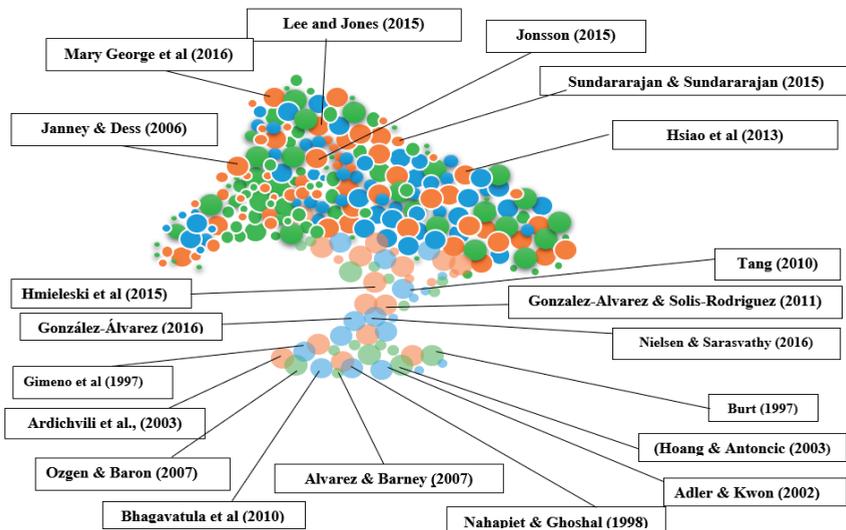


Figura 7. Árbol.
Fuente: Autores

El capital social es identificado como una gran base para la generación de nuevos emprendimientos, tanto al interior de una organización como para la iniciación de una, esta se debería tomar como una teoría fundamental del emprendimiento [1]. Como determina [18], la unión de lazos tanto fuertes como débiles son el impulso básico para llevar a cabo un proceso de iniciación empresarial, sin dejar a un lado el capital cultural ya que es un apoyo que brinda gran fortaleza a la creación del emprendimiento [19]. Aquí se pueden enlazar las diferentes redes ya que estas permiten un intercambio de experiencias y se han convertido en una gran influencia por su valioso número de conexiones sociales [20]. La unión hace la fuerza y como lo relata [21], siempre debemos encontrar la mejor alianza para alcanzar las ideas propuestas.

Adicional a esto se puede entender que a partir de estas nuevas formas de ver el capital social nace una estructura que facilita la adquisición de recursos del entorno en el cual se desenvuelven las personas, es decir si se tiene un entorno cerrado será más complicado tener nuevas ideas, pero si el entorno facilita su acceso esto será aceptado de la mejor manera y podrá brindar un nuevo conocimiento tanto personal como estructural [22].

Se puede inferir que la importancia del concepto Emprendimiento y Capital social está basada en los grandes beneficios que traería a la organización y a cada uno de los integrantes, es por esto que las respuestas deben darse apropiadamente. A pesar de la gran cantidad de estudios que se viene realizando sobre el tema en cuestión, encontramos que no se establece un resultado medible sobre los propósitos que se establecen ya que aparentemente son diferentes para cada organización, dependiendo de su tamaño, su antigüedad y demás factores. Si existieran dichas mediciones sería posible crear recomendaciones ajustables para cada entidad enfocando su capital social siempre al propósito de la empresa [5].

Algunas de las alternativas que se brindan para sacar más beneficio a este concepto de gran valor es el aumento de la confianza social como bien es mencionado [23] ya que se fortalece de alguna manera el capital regional tomando fuertes pilares de asociatividad que, con una orientación empresarial encaminada a la dicha consecución de recursos, puede tener un gran dinamismo ambiental y no se vería enfrascada ante las adversidades

[24]. Esto teniendo en cuenta que las economías globales siempre serán de gran relevancia y se deberá navegar junto a ellas para que nos aporten los diferentes empujes que a nivel global se requiere, aquí juega un papel crucial la capacitación del capital social [25].

Subáreas

Las subáreas a tener en cuenta se basan en el análisis profundo sobre las diferentes redes de citas que surgen al realizar la búsqueda, se muestran tres grupos de los cuales se toman las subáreas que se enfocan al tema emprendimiento y capital social como se definen a continuación.

Subárea 1: oportunidades del capital social

En la búsqueda de oportunidades se deben tener presente una gran cantidad de obstáculos internos los cuales deben ser afrontados de la mejor manera, ya que como lo da a conocer [26], no siempre la supervivencia empresarial va ligada a sus resultados económicos sino también al capital humano que esta posee. Es por eso, que la identificación de personalidades por parte de los líderes es de gran ayuda en la imposición de cargos para aumentar esas oportunidades que cada uno de sus colaboradores posee en redes sociales, conocimientos previos y demás estrategias que pueden aportar a la organización [27].

En la detección de oportunidades se dan a conocer tres aspectos importantes de cada individuo como lo son; sus mentores, sus redes informales de la industria y participación en foros profesionales, que de una u otra manera siempre arrojaron resultados positivos para la organización [28]. Es de gran importancia tener presente que cada pequeño empresario tiene un capital humano con grandes fortalezas, ya que estos son quienes más comprometidos se encuentran con la obtención de nuevas oportunidades que fortalezcan sus proyectos y de igual manera aporten al desarrollo del país [29].

Dos teorías surgen a partir de lo mencionado por [30], las oportunidades están esperando ser descubiertas o estas se dan por las iniciativas de los emprendedores; si nos basamos en el capital social y humano de cada

organización podemos definir que estas son simplemente creadas por los visionarios, aunque va de la mano con un poco de suerte si se puede decir de esta manera.

La acumulación de conocimiento e información es de vital importancia al momento de enfrentar entornos cambiantes, de los cuales obtener las oportunidades necesarias para dar el siguiente paso, agregando la forma de interpretar ese entorno por parte del empresario sin dejar a un lado el objetivo principal de la entidad [31]. Como hace referencia [32], la diferencia de género en la detección de oportunidades es vital para toda organización ya que las metodologías son cambiantes y los diseños estratégicos pueden ser acoplados generando aun así ideas más fuertes para lograr dar respuesta oportuna a oportunidades encontradas.

Los recursos intangibles que se denotan en esta subárea, como el nivel educativo, los lazos fuertes, el capital psicosocial, la esperanza, un índice de optimismo apropiado y la resiliencia de cada individuo son relacionados exitosamente en la detección y creación de nuevas oportunidades [33]. El capital social individual y colectivo siempre arrojan resultados completamente diferentes y como se menciona en [34], estos resultados indican que donde existe mayor capital social se tiene una ventaja para descubrir oportunidades empresariales, sin omitir la posibilidad de que individualmente se puede convertir en nuevos proyectos en personas emprendedoras ya que también se refleja que el capital social individual tiene un efecto mayor.

Es evidente que en la creación de nuevas empresas se genera un riesgo diferente que en las que ya están constituidas, debido a esto el enfoque administrativo debe estar guiado por las oportunidades que pueden surgir según la creación conocimientos especializados en las diferentes áreas de la organización [35]. La movilización del capital social por parte de los pequeños empresarios denota el gran enlace y enfoque que existe para encajar apropiadamente en los entornos industriales e identificar oportunidades, y cómo aportar en la transformación de esas nuevas alternativas en la creación de exitosas nuevas empresas [36].

En los estudios adelantados por [37], demuestra la habilidad de adaptación

y apropiación por parte de personas fuera de sus zonas de confort para la creación de nuevas oportunidades en sus vidas y de esta manera poder subsistir a pesar de las adversidades, encajar en las economías completamente desconocidas es uno de los mayores motivos de investigación y se convierte en un reto a aplicar en las economías propias. A pesar de todos estos esfuerzos, los estudios relacionados con las oportunidades empresariales siguen siendo muy básicos y realmente empíricos dejando varios caminos por recorrer y muchas dudas que aún siguen siendo motivo de análisis, abriendo puertas a nuevas alternativas en un futuro [38].

Subárea 2: generación de redes empresariales.

Para algunos investigadores la empresa con el pasar de los tiempos se debe adaptar, para así lograr ser una comunidad social especializada en la creación y transferencia de conocimiento eficiente, [13] hace referencia a que esto daría una ventaja competitiva bastante amplia si es aplicada conscientemente por el capital social de la organización en la creación de oportunidades para la misma. bajo esta adaptabilidad que se trata de implementar más a menudo, se indica que toda organización que busque ir adelante en una constante expansión comercial, se debe enfocar en el progreso tecnológico para la búsqueda de oportunidades que alimenten día a día ese desarrollo de nuevos negocios y el aumento del motor económico que es su finalidad, apoyado siempre en el espíritu empresarial que determine el carácter de la organización [39].

Son amplias las oportunidades que se dan al encontrar el balance correcto entre el capital social y la orientación empresarial, no solo para la organización sino para el individuo en su cotidianidad ya que adquiere bases para ser más exitoso profesionalmente, encontrar mejores oportunidades ya sea al interior de la organización o en su expansión fuera de ella, además en la empresa se fortalecen las relaciones, se crea una red de aprendizaje entre compañías, se reduce rotación de personal y demás beneficios que varían según sea su línea de trabajo [4].

Los estudios muestran las características de los directivos al interior de una entidad en su Orientación Empresarial, es decir en la consecución de los objetivos planteados gracias a la unión con el capital social de la

organización, debido a esta fuerza se dan oportunidades denotando así un significativo crecimiento y adaptación a los cambios que se den en el ambiente ya que toda organización que se rete a tener mayor crecimiento y a explotar de la mejor manera sus recursos siempre obtendrá los mejores resultados [40].

El capital social siempre se debe encajar con las diferentes redes de emprendimiento en organizaciones que están en pleno desarrollo, por ejemplo, al realizar amplias conexiones de red se busca tener nuevas oportunidades de negocio, tener más recursos para la compañía y que sea beneficioso para su economía, además de fortalecer las nuevas que surjan a partir de estas [5].

Es de gran importancia determinar qué tan apropiadas son las diferentes conexiones que se realicen para la consecución de los objetivos, ya que no siempre conlleva a los mejores resultados porque puede una debilite a la otra y se afecte el desempeño en la orientación empresarial que se tenga, este estudio demuestra el balance que deben tener y determinar si hace parte de los activos o pasivos de la entidad [41].

En los diferentes estudios realizado siempre se ha determinado el capital social de gran utilidad en la creación de oportunidades empresariales, asociado con la amplia tecnología existente, pero aun así se encuentran grandes vacíos y es aquí donde se hace una invitación a los diferentes expertos investigadores a que siempre vayan por un poco más y así poder aclarar dudas que existen en relación al tema emprendimiento y capital social, debido a que cada gerente debe tener conocimiento extra para realizar de la mejor manera su labor, es por esto que las diferentes brechas que existen perjudican el buen funcionamiento y toma de decisiones [42].

Para la competencia de cada organización en el medio se debe tener una gran base sólida y eficiente de conocimiento, los estudios se basan en factores arquitectónicos que dan forma al proceso empresarial, pero sigue existiendo un gran interés por conocer sus orígenes y así nutrir sus raíces [43]. Finalmente, si ponemos en práctica los diferentes estudios realizados vemos que las oportunidades están en el ambiente y solo los gerentes más capacitados tienen la habilidad de surfear en las adversidades para obtener

oportunidades que otros no ven, siempre estando con la mejor disposición para afrontar cambios repentinos que lo inviten a tomar riesgos que en el futuro puedan ser las mejores decisiones [44].

Subárea 3: redes de integración social

Esta subárea está basada en la Integración social que se da en las redes anteriormente mencionadas, en los impactos que generan, y en el desempeño de las empresas desde hace algunos años. Las instituciones se ven afectadas por las relaciones sociales enfocadas en las redes de trabajo que se tienen, ya que los beneficios son más abundantes en la gente que se enfoca siempre en una misma meta, que en las personas que trabajan independiente a las visiones gerenciales [45].

Es importante entender que las redes de empresas son muy beneficiosas para las diferentes organizaciones y estas van incrustadas con un equilibrio de plena competencia donde la mejor obtiene más beneficios cuando están alineadas y enfocadas en su evolución [46]. Muchas de las investigaciones basadas en las redes de emprendimiento examinan tres áreas, iniciando con el contenido de las redes, liderazgo y estructura y el impacto que realiza esa red, pero de igual manera siguen siendo empíricos los resultados para determinar la teoría del desarrollo de redes a pesar que la idea principal es construir un campo teórico para el beneficio de las nuevas investigaciones [47].

Se logra determinar cómo hallazgo principal la integración relacional y la integración de recursos donde ambas tienen un impacto positivo en el desempeño de la organización ampliando su rendimiento [48]. La interacción que se realiza entre las diferentes fortalezas de una organización, siempre genera grandes alternativas y muchas posibilidades de supervivencia en el medio y en un entorno donde se puede decir que el más fuerte sobresale, en esta subárea es bueno recordar que un capital social de la mano de una experiencia inicial genera un efecto negativo para los resultados de la empresa [49].

Esto aumenta la probabilidad que una nueva empresa sea un éxito ya que la confianza en las redes empresariales juega un papel importante en este

proceso sin dejar a un lado las actualizaciones que se darán a medida que se tenga un crecimiento positivo, lo que generará aún más confianza en estas redes ampliando su portafolio y abriendo nuevas puertas [50].

la investigación basada en la red de emprendedores específicamente en la puesta en marcha de una organización, debe tener en cuenta algunos aspectos como lo son el diseño, la metodología, el enfoque y la iniciación de nuevas relaciones, todo esto con el fin de adquirir recursos y apoyos para la empresa, las cuales tiene alta probabilidad para obtener relaciones integradas con acceso a información beneficiosa para ambos [51].

El capital social es de gran importancia en la creación de estas comunidades, ya que abarca valores compartidos a través de procesos de cooperación que ayudan en gran medida en la confianza cívica, y la falta de éste lo único que provoca es una disminución del espíritu comunitario como hace referencia [52].

También se hace énfasis sobre cuáles son las bases primordiales en influyentes en el comportamiento social y empresarial de cada individuo al interior de una organización, y se puede establecer que el hogar es uno de los principales además del factor experiencia, el factor cognitivo, y las diferentes relaciones personales y sociales con las que cuenta, ya que de esta manera puede existir una ligera ventaja al determinar un individuo como emprendedor y ayudaría enormemente en las redes internas ya sea para mantenerlas o para explotar al máximo sus beneficios [53].

Conclusiones

El propósito del presente artículo es identificar los principales aportes en el área del emprendimiento y capital social. Para cumplir este propósito, se utilizó la herramienta web ToS. ToS muestra los resultados en forma de árbol y de esta manera se realiza una descripción cronológica. El Emprendimiento y capital social nace de dos vertientes: orientación al emprendimiento y al mercado en la pequeña empresa. Sin embargo, más adelante se identificó que puede ser aplicada a la gran empresa.

En la actualidad, hay un elemento importante de este tipo, y es la orientación

a la innovación por medio del capital social, es decir, al desarrollo de nuevos productos y nuevas alternativas. Sin embargo, una de las limitaciones en la investigación fue que se utilizó solo una base de datos indexada (WoS). Para estudios posteriores, se podría realizar con otras bases de datos como Scopus.

En cuanto a la práctica del emprendimiento y capital social, los autores citados concluyen que para establecer una mejora en dicho tema es necesario establecer nuevos contactos. Con respecto al capital social, llegaron a la siguiente conclusión: la importancia de vincular el conocimiento de cada integrante con las ayudas externas que se presentan. Los artículos consultados mostraron que las organizaciones utilizan sus relaciones sociales para encontrar y fidelizar su estatus en el medio.

En estas relaciones que se dan en el proceso de emprendimiento está claro que se debe tener en cuenta el capital cultural para tener un acceso mayor a cada uno de los rincones donde la empresa quiere posicionarse, esto con el fin de no ser rechazados con el paso del tiempo por las diferentes sociedades, siendo inclusivos con las creencias de cada una de las personas que harán parte de la organización y teniendo un alto grado de empatía, esto abrirá puertas en un futuro en zonas donde según los estudios puedan ser viables.

Se presentaron limitaciones como el uso de una base de datos en la investigación. Además, se encontraron artículos en las hojas desconectados con el principal tema de investigación. al no tener estudios claros se puede realizar una investigación exhaustiva para validar los hallazgos e implementarlos de la mano los especialistas. Es importante reconocer el capital social como una herramienta para la adquisición de recursos, y generación de nuevos emprendimientos.

No hay investigaciones que muestren el impacto del capital social en I&D, posiblemente sea un campo a desarrollar en futuros estudios.

Referencias

[1] R. Lee, H. Tuselmann, D. Jayawarna, and J. Rouse, "Effects of structural,

relational and cognitive social capital on resource acquisition: a study of entrepreneurs residing in multiply deprived areas,” *Entrep. Reg. Dev.*, vol. 31, no. 5–6, pp. 534–554, 2019.

[2] F. Osorio Buitrago, “Artículo inédito. Revisión cronológica sobre liderazgo y emprendimiento,” *Revista de Ingenierías Interfaces*, vol. 2, pp. 1–16, 2019.

[3] S. Estrin, T. Mickiewicz, and U. Stephan, “Entrepreneurship, Social Capital, and Institutions: Social and Commercial Entrepreneurship Across Nations,” *Entrepreneurship Theory and Practice*, vol. 37, no. 3, pp. 479–504, May 2013.

[4] P. S. Adler and S.-W. Kwon, “Social Capital: Prospects for a New Concept,” *Acad. Manage. Rev.*, vol. 27, no. 1, p. 17, 2002.

[5] W. Stam, S. Arzlanian, and T. Elfring, “Social capital of entrepreneurs and small firm performance: A meta-analysis of contextual and methodological moderators,” *J. Bus. Venturing*, vol. 29, no. 1, pp. 152–173, 2014.

[6] S. Wasserman and K. Faust, “Social Network Analysis.” 1994, doi: 10.1017/cbo9780511815478.

[7] M. Bastian, S. Heymann, and M. Jacomy, “Gephi: An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks,” 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.aiai.org/ocs/index.php/ICWSM/09/paper/viewPaper/154>.

[8] M. Aria and C. Cuccurullo, “bibliometrix : An R-tool for comprehensive science mapping analysis,” *J. Informetr.*, vol. 11, no. 4, pp. 959–975, 2017.

[9] W. D. Wallis, “Graphs,” *A Beginner’s Guide to Graph Theory*. pp. 1–18, 2007, doi: 10.1007/978-0-8176-4580-9_1.

[10] S. Buitrago, P. L. Duque, and S. Robledo, “Branding Corporativo: una revisión bibliográfica,” *Revista Económicas CUC*, vol. 41, no. 1, 2019, doi: 10.17981/econcuc.41.1.2020.Org.1.

- [11] P. Duque and L. S. Cervantes-Cervantes, “Responsabilidad Social Universitaria: una revisión sistemática y análisis bibliométrico,” *estud. gerenc.*, pp. 451–464, 2019.
- [12] D. S. V. Hernandez, S. Robledo, R. Pinilla, N. D. D. Méndez, and G. O. Tost, “SAP Algorithm for Citation Analysis: An improvement to Tree of Science,” *Ingeniería e Investigación*, vol. 40, no. 1, p. 4, 2020.
- [13] J. Nahapiet and S. Ghoshal, “Social Capital, Intellectual Capital, and the Organizational Advantage,” *Acad. Manage. Rev.*, vol. 23, no. 2, p. 242, 1998.
- [14] M. S. Granovetter, “The Strength of Weak Ties,” *Am. J. Sociol.*, vol. 78, no. 6, pp. 1360–1380, 1973.
- [15] M. Granovetter, “Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness,” *Am. J. Sociol.*, vol. 91, no. 3, pp. 481–510, 1985.
- [16] J. S. Coleman, “Social Capital in the Creation of Human Capital,” *Am. J. Sociol.*, vol. 94, pp. S95–S120, 1988.
- [17] S. Shane and S. Venkataraman, “The Promise of Entrepreneurship as a Field of Research,” *AMRO*, vol. 25, no. 1, pp. 217–226, 2000.
- [18] P. Davidsson and B. Honig, “The role of social and human capital among nascent entrepreneurs,” *J. Bus. Venturing*, vol. 18, no. 3, pp. 301–331, 2003.
- [19] I. Light and L. P. Dana, “Boundaries of Social Capital in Entrepreneurship,” *Entrepreneurship Theory and Practice*, vol. 37, no. 3, pp. 603–624, 2013.
- [20] E. McKeever, A. Anderson, and S. Jack, “Entrepreneurship and mutuality: social capital in processes and practices,” *Entrep. Reg. Dev.*, vol. 26, no. 5–6, pp. 453–477, 2014.
- [21] J. Aarstad, S. A. Haugland, and A. Greve, “Performance Spillover

Effects in Entrepreneurial Networks: Assessing a Dyadic Theory of Social Capital,” *Entrepreneurship Theory and Practice*, vol. 34, no. 5, pp. 1003–1019, 2010.

[22] E. Gedajlovic, B. Honig, C. B. Moore, G. T. Payne, and M. Wright, “Social Capital and Entrepreneurship: A Schema and Research Agenda,” *Entrepreneurship Theory and Practice*, vol. 37, no. 3, pp. 455–478, 2013.

[23] J. Weiss, T. Anisimova, and G. Shirokova, “The translation of entrepreneurial intention into start-up behaviour: The moderating role of regional social capital,” *Int. Small Bus. J.*, vol. 37, no. 5, pp. 473–501, 2019.

[24] K. P. Huang and K. Y. Wang, “The moderating effect of social capital and environmental dynamism on the link between entrepreneurial orientation and resource acquisition,” *Qual. Quant.*, vol. 47, no. 3, pp. 1617–1628, 2013.

[25] R. Sultana, I. Im, and K. S. Im, “Do IT freelancers increase their entrepreneurial behavior and performance by using IT self-efficacy and social capital? Evidence from Bangladesh,” *Information & Management*, vol. 56, no. 6, p. 103133, 2019.

[26] J. Gimeno, T. B. Folta, A. C. Cooper, and C. Y. Woo, “Survival of the Fittest? Entrepreneurial Human Capital and the Persistence of Underperforming Firms,” *Adm. Sci. Q.*, vol. 42, no. 4, p. 750, 1997.

[27] A. Ardichvili, R. Cardozo, and S. Ray, “A theory of entrepreneurial opportunity identification and development,” *J. Bus. Venturing*, vol. 18, no. 1, pp. 105–123, 2003.

[28] E. Ozgen and R. A. Baron, “Social sources of information in opportunity recognition: Effects of mentors, industry networks, and professional forums,” *J. Bus. Venturing*, vol. 22, no. 2, pp. 174–192, 2007.

[29] S. Bhagavatula, T. Elfring, A. van Tilburg, and G. G. van de Bunt, “How social and human capital influence opportunity recognition and

resource mobilization in India's handloom industry," *J. Bus. Venturing*, vol. 25, no. 3, pp. 245–260, 2010.

[30] S. A. Alvarez and J. B. Barney, "Discovery and creation: alternative theories of entrepreneurial action," *Strat. Entrepreneurship J.*, vol. 1, no. 1–2, pp. 11–26, 2007.

[31] J. Tang, "How entrepreneurs discover opportunities in China: An institutional view," *Asia Pac. J. Manage.*, vol. 27, no. 3, pp. 461–479, 2010.

[32] N. Gonzalez and V. Solis, "Discovery of entrepreneurial opportunities: a gender perspective," *Industr Mngmnt & Data Systems*, vol. 111, no. 5, pp. 755–775, 2011.

[33] K. M. Hmieleski, J. C. Carr, and R. A. Baron, "Integrating Discovery and Creation Perspectives of Entrepreneurial Action: The Relative Roles of Founding CEO Human Capital, Social Capital, and Psychological Capital in Contexts of Risk Versus Uncertainty," *Strategic Entrepreneurship Journal*, vol. 9, no. 4, pp. 289–312, 2015.

[34] M. Nieto and N. González, "Social capital effects on the discovery and exploitation of entrepreneurial opportunities," *Int Entrep Manag J*, vol. 12, no. 2, pp. 507–530, 2016.

[35] J. J. Janney and G. G. Dess, "The risk concept for entrepreneurs reconsidered: New challenges to the conventional wisdom," *J. Bus. Venturing*, vol. 21, no. 3, pp. 385–400, 2006.

[36] Y. C. Hsiao, S. C. Hung, C. J. Chen, and T. P. Dong, "Mobilizing human and social capital under industry contexts to pursue high-tech entrepreneurship," *Innovations*, vol. 15, no. 4, pp. 515–532, 2013.

[37] N. Mary George, V. Parida, T. Lahti, and J. Wincent, "A systematic literature review of entrepreneurial opportunity recognition: insights on influencing factors," *Int Entrep Manag J*, vol. 12, no. 2, pp. 309–350, 2016.

[38] N. Mary George, V. Parida, T. Lahti, and J. Wincent, "A systematic literature review of entrepreneurial opportunity recognition: insights on

influencing factors,” *Int Entrep Manag J*, vol. 12, no. 2, pp. 309–350, 2016.

[39] G. T. Lumpkin and G. G. Dess, “Clarifying the Entrepreneurial Orientation Construct and Linking It to Performance,” *Acad. Manage. Rev.*, vol. 21, no. 1, p. 135, 1996.

[40] Q. Cao, Z. Simsek, and J. J. P. Jansen, “CEO Social Capital and Entrepreneurial Orientation of the Firm: Bonding and Bridging Effects,” *J. Manage.*, vol. 41, no. 7, pp. 1957–1981, 2015.

[41] W. Blaser, L. M. van der Rohe, and G. Thomson, *Ludwig Mies Van Der Rohe/Spanish English*. Watson-Guptill Publications, 1991.

[42] P. M. García-Villaverde, J. Rodrigo-Alarcón, G. Parra-Requena, and M. J. Ruiz-Ortega, “Technological dynamism and entrepreneurial orientation: The heterogeneous effects of social capital,” *J. Bus. Res.*, vol. 83, pp. 51–64, 2018.

[43] C. Heavey and Z. Simsek, “Top Management Compositional Effects on Corporate Entrepreneurship: The Moderating Role of Perceived Technological Uncertainty: Top Management and Corporate Entrepreneurship,” *J Prod Innov Manag*, vol. 30, no. 5, pp. 837–855, 2013.

[44] J. Rodrigo-Alarcón, P. M. García-Villaverde, M. J. Ruiz-Ortega, and G. Parra-Requena, “From social capital to entrepreneurial orientation: The mediating role of dynamic capabilities,” *European Management Journal*, vol. 36, no. 2, pp. 195–209, 2018.

[45] R. S. Burt, “The Contingent Value of Social Capital,” *Adm. Sci. Q.*, vol. 42, no. 2, p. 339, 1997.

[46] J. M. Hite and W. S. Hesterly, “The evolution of firm networks: from emergence to early growth of the firm,” *Strat. Mgmt. J.*, vol. 22, no. 3, pp. 275–286, 2001.

[47] H. Hoang and B. Antoncic, “Network-based research in entrepreneurship,” *J. Bus. Venturing*, vol. 18, no. 2, pp. 165–187, 2003.

- [48] B. Batjargal, "Social Capital and Entrepreneurial Performance in Russia: A Longitudinal Study," *Organization Studies*, vol. 24, no. 4, pp. 535–556, 2003.
- [49] B. Batjargal, "Internet entrepreneurship: Social capital, human capital, and performance of Internet ventures in China," *Res. Policy*, vol. 36, no. 5, pp. 605–618, 2007.
- [50] D. A. Smith and F. T. Lohrke, "Entrepreneurial network development: Trusting in the process," *J. Bus. Res.*, vol. 61, no. 4, pp. 315–322, 2008.
- [51] S. Jonsson, "Entrepreneurs' network evolution – the relevance of cognitive social capital," *Int Jrnl of Ent Behav & Res*, vol. 21, no. 2, pp. 197–223, 2015.
- [52] R. Lee and O. Jones, "Entrepreneurial social capital research: resolving the structure and agency dualism," *Int Jrnl of Ent Behav & Res*, vol. 21, no. 3, pp. 338–363, 2015.
- [53] J. A. Felício, E. Couto, and J. Caiado, "Human capital and social capital in entrepreneurs and managers of small and medium enterprises," *J. Bus. Econ. Manage.*, vol. 13, no. 3, pp. 395–420, 2012.

Monitoreo estructural basado en sistemas de sensores de fibra óptica*

Structural monitoring based on fiber optic sensor systems

Recibido: junio 3 de 2020 - Evaluado: julio 7 de 2020 -

Aceptado: septiembre 16 de 2020

Juan Sebastián Sanguino-Lemus**

Gustavo Adolfo Hernández-Martínez ***

Karla Cecilia Puerto-López ****

Para citar este artículo / To cite this Article

J. S. Sanguino-Lemus, G. A. Hernández-Martínez, K. C. Puerto-López, “Monitoreo estructural basado en sistemas de sensores de fibra óptica” Revista de Ingenierías Interfaces, vol. 3, no. 2, pp.73-97, 2020.

Resumen

Este artículo presenta un compendio de métodos para realizar monitoreo en diferentes tipos de estructuras mediante sensores de fibra óptica. Para el análisis de los diferentes métodos se analizaron panoramas de todas partes del mundo, teniendo como principal exponente a China por el desarrollo de un mayor número de sistemas y porque sus modelos están a la vanguardia del monitoreo estructural, incluso con gran aplicación en otros países. Se tuvieron en cuenta sistemas desarrollados en los últimos cinco años y se presenta una síntesis de los resultados de dichos sistemas en torno a sus ventajas, beneficios y principales características. Se encontró con este artículo que, ya que el monitoreo estructural atañe a distintas disciplinas, para la investigación de los sistemas de fibra óptica en monitoreo, se tuvieron muy en cuenta igualmente sistemas de otras áreas distintas a la electrónica, como lo son la ingeniería civil, la ingeniería de minas, la ingeniería estructural e incluso la medicina.

Palabras clave: estructural, óptica, monitoreo, fibra, sensores, sistemas.

*Artículo inédito: “Monitoreo estructural basado en sistemas de sensores de fibra óptica”.

**Ingeniero Electrónico, Correo electrónico: juansebastiansl@ufps.edu.co.

**Ingeniero Electrónico, Correo electrónico: gustavoadolfohm@ufps.edu.co.

****Ingeniera Electrónica, Correo electrónico: karlaceciliapl@ufps.edu.co, ORCID0000-0003-3749-676X

Abstract

This article presents a compendium of methods for monitoring different types of structures using fiber optic sensors. For the analysis of the different methods, scenarios from all over the world were analyzed, with China as the main exponent due to the development of a greater number of systems and because its models are at the forefront of structural monitoring, even with great application in other countries. Systems developed in the last five years were taken into account and a synthesis of the results of said systems is presented regarding their advantages, benefits and main characteristics. It was found with this article that, since structural monitoring concerns different disciplines, for the investigation of fiber optic systems in monitoring, systems from other areas other than electronics, such as civil engineering, were also taken into account, mining engineering, structural engineering and even medicine.

Keywords: structural, optics, monitoring, fiber, sensors, systems.

1. Introducción

La tecnología ha acompañado al hombre desde sus inicios para ejecutar diversas tareas que facilitan la vida diaria. El uso de sensores se ha normalizado en los dispositivos personales de uso diario que comúnmente son equipos de comunicaciones, sin embargo, actualmente ha abarcado incluso equipos electrodomésticos mediante la domótica y el internet de las cosas.

El desarrollo de la fibra óptica ha sido de gran utilidad para su aplicación en comunicaciones de alta velocidad. Sin embargo, en el campo de los sensores es común encontrar aplicaciones de fibra óptica ya sea como transductor directamente o como transmisor de datos. La fibra óptica se suele usar para medir deformación, temperatura, presión, humedad, campos eléctricos o magnéticos, gases, vibraciones, entre otros parámetros.

Los sensores de fibra óptica son más conocidos dentro de la comunidad científica como óptodos u optoelectrónicos, y tienen algunas ventajas sobre los sensores tradicionales como el hecho que no producen cortocircuitos, son de menor tamaño, son inmunes a la radiación electromagnética y la emisión de radio frecuencia, su velocidad de respuesta es alta, entre otras

[1]. El Instituto de Acústica CSIC de España ha adelantado un estudio de sensores de fibra óptica para la detección de señales acústicas y elásticas en aire, agua y estructuras vibrantes, mediante hidrófonos, micrófonos y acelerómetros [2].

En el río Papaloapán, en México, se realizó una instalación de sensores de deformación de la estructura utilizando la fibra óptica por su eficiencia, lo que da muestra de la confiabilidad que se tiene a este tipo de sensores en los últimos años [3].

En monitoreo estructural es común el uso de varios sensores para abarcar áreas grandes, lo que acarrea aumentos significativos en los costos de un proceso, además que aumenta la complejidad de los procesos por el manejo de cada sensor individualmente.

El uso de la fibra óptica como sensor intrínseco responde a gran parte de estos problemas, ya que una misma línea de fibra puede usarse para censar áreas más extensas, además que el manejo de una única línea para diversos puntos es más sencillo y eficiente [4]. En conclusión, la fibra óptica como ente sensor se destaca por tener grandes ventajas frente a los métodos de medición tradicionales en cuanto al monitoreo estructural., lo que ha despertado el interés de muchos países en cuanto a la investigación y el desarrollo de sistemas cada vez más eficientes y confiables.

2. Materiales y métodos

El documento presenta una serie de información recopilada de un conjunto de artículos enfocados en temas como: sensores de fibra óptica para el monitoreo estructural, importancia del monitoreo estructural en ingeniería civil o minas y cómo se necesitan otras alternativas de monitoreo estructural más eficientes. Estos artículos fueron seleccionados de bases de datos suscritas tales como IEEE Xplore, ScienceDirect y Scopus, además de Google Académico.

Los artículos seleccionados tienen una fecha de publicación igual o superior al año 2015 facilitando así la adquisición de información reciente relacionada a nuestra problemática, sin embargo, a nivel regional se encontraron pocos artículos y de mayor antigüedad. Posteriormente se

realizó una lectura exhaustiva de cada artículo, identificando los resultados más relevantes para formular hipótesis, conclusiones y recomendaciones.

Para la selección de artículos se tuvo en cuenta el panorama internacional, nacional y local a nivel regional en Norte de Santander sobre la temática planteada. Se distinguió una clara tendencia internacional de mayor fuerza frente a las perspectivas colombianas, por lo que se presenta esta perspectiva dominante en primera instancia. Los artículos están organizados por fecha de más antiguos a más recientes, ya que algunos de ellos abren la puerta a teorías innovadoras para su época, pero que años después consiguieron mejorar o sencillamente se adaptaron a otras tecnologías más eficaces de acuerdo a sus propias investigaciones de vanguardia.

3. Estado del arte

Los sensores de fibra óptica han tenido grandes avances en los últimos años, debido a que los beneficios de estas tecnologías han despertado el interés de muchos países en cuanto a la investigación y el desarrollo. A continuación, se presenta el desarrollo de los sensores de fibra óptica desde los panoramas: internacional, nacional y local (a nivel regional en Norte de Santander).

Panorama internacional

En el año 2015 Francisco Navarro Henríquez presenta una comparativa de los sensores de fibra óptica con su contraparte tradicional. Realiza una descripción de características de algunos sensores y definición de aspectos clave para su adecuado uso en el campo. Los sistemas con sensores ópticos resultan muy útiles en aplicaciones que no pueden ser fácilmente implementadas o no resulta práctico realizarlas con sensores electrónicos convencionales [5].

Desde otra perspectiva, en el 2015, en Singapur, Muneesh Maheshwari, Swee Chuan Tjin, A. Asundi, realizan un análisis sobre los sensores polarimétricos de fibra óptica para la ubicación de grietas y dimensionamiento, debido a que el sensor polarimétrico de fibra óptica (FOPS) es una herramienta atractiva para el monitoreo de daños en estructuras. Sin embargo, el sistema no es capaz de identificar la ubicación del daño y el tamaño de la grieta.

Además, la señal de salida de FOPS es muy ruidosa debido al hecho de que toda la fibra es sensible y capta señales no deseadas en su entorno. Proponen un nuevo diseño de FOPS para el monitoreo estructural donde solo la a parte central de FOPS es sensible, manteniendo algunas partes insensibles, lo que permite que el monitoreo estructural use FOPS sensibles solo a la región de interés. Por lo tanto, el método FOPS puede ser usado para localizar grietas en algunas de las estructuras muy importantes [6].

En contraste, un año más tarde, en Inglaterra, Thomas Kissinger, Ricardo Correia, Thomas O. H. Charrett, Stephen W. James y Ralph P. Tatam, describen un enfoque de detección de fibra a partir de una nueva técnica de procesamiento de señal interferométrica de resolución de rango basada en la modulación de frecuencia óptica sinusoidal de un diodo láser rentable. Para su enfoque se tuvo en cuenta que en FSI (Interferometría de segmento de fibra), una cadena de sensores de tensión de fibra óptica de largo calibre está separados por reflectores parciales idénticos. Este enfoque permite mediciones integradas de deformación a lo largo de los segmentos de fibra, eliminando las brechas de detección y la sensibilidad en las homogeneidades encontradas con sensores de fibra localizados [7].

Ese mismo año, en China, Yu Chen, Yael Zilberman, Shideh Kabiri Ameri, Woon Jong Yoon detectan diversas concentraciones de dióxido de carbono (CO_2) y amoníaco (NH_3), que son dos biomarcadores importantes de la infección por *Helicobacter pylori* en el estómago, a partir de un sensor de gas gástrico basado en fibra óptica funcionalizada. Para realizar las mediciones, una fibra se ilumina mientras que la otra fibra recoge la luz dispersada hacia atrás y la alimenta al espectrómetro UV-Vis-NIR para medir el cambio en el espectro de luz en función de la concentración de CO_2 o NH_3 . Este método es fácil y flexible y logra una sensibilidad de nivel de ppm a los analitos de gas objetivo. El sensor propuesto se puede integrar en una cápsula fija personalizada para el diagnóstico complementario de la infección por *Helicobacter pylori* para mejorar la precisión de la inspección visual endoscópica [8].

También en el 2016, esta vez desde Alemania, K. Bremer, M. Wollweber, F. Weigand, M. Rahlves, M. Kuhne, R. Helbig, B. Roth, realizan un informe sobre los diferentes sensores de fibra óptica para el monitoreo estructural

en ingeniería civil. Diseñaron un sensor de grietas de fibra óptica que se basa en una estructura de red textil con una fibra óptica integrada diseñada para transferir el alargamiento debido a las grietas de la estructura y dos sensores de humedad de fibra óptica diferentes basado en FBG para detectar el ingreso de humedad en estructuras de edificios basados en concreto, dado que la formación de grietas y el ingreso de humedad es un problema crítico, además analizaron la degeneración de las propiedades mecánicas de los sensores de fibra óptica, por lo tanto, su estabilidad y confianza a largo plazo, dado que los sensores de fibra óptica con recubrimientos poliméricos comunes no son adecuados para este tipo de aplicación, investigaron la degeneración de los sensores de fibra óptica con recubrimientos de carbono debido a la influencia del ambiente del concreto [9].

Desde otro ángulo, en el 2017, Bai-Ou Guan, Long Jin, Linghao Cheng y Yizhi Liang, en China, demostraron la capacidad de los sensores láser de fibra para la detección de ondas acústicas de baja frecuencia y señales de ultrasonido en rangos de frecuencia mayores a 1 MHz y alrededor de 200 kHz hacia diferentes aplicaciones. Para la detección acústica de baja frecuencia, el límite de detección alcanza $74 \mu\text{Pa} / \text{Hz}^{1/2}$ a 1 kHz, que es comparable al ruido marino de orden cero. Para la detección de ultrasonido de alta frecuencia, el sensor láser presenta una capacidad de detección de 40 Pa sobre un ancho de banda de 50 MHz, lo que permite su aplicación como detector de ultrasonido en imágenes foto acústicas. Se demostró la detección de ultrasonido con un láser de fibra empaquetado con polímero a un rango de 100 kHz, que podría encontrar aplicaciones en búsqueda y focalización bajo el agua [10].

En Costa Rica, Yi Cheng Lio Kuan y Pablo Agüero Barrantes en el 2017, presentan un boletín técnico que introduce los aspectos conceptuales del monitoreo de estructuras enfocados a puentes. Proponen un sistema de monitoreo portátil, en lugar de un sistema de monitoreo permanente, con el fin de poder usar estos sistemas en diferentes estructuras. Estos sistemas de monitoreo están compuestos por sensores que deben ser capaces de percibir las aceleraciones inducidas por la carga vehicular y la adquisición de datos se registra de una forma sincronizada vía Wi-Fi [11].

Por otra parte, en Italia, Domaneschi, Sigurdardottir y Glisic, en el 2017

investigaron la detección de daños en estructuras compuestas de concreto y acero que son típicas para puentes y puentes de carreteras.

La investigación combinó los resultados de las mediciones recolectadas por sensores de tensión de fibra óptica de largo calibre, instalados en la estructura monitoreada y un enfoque estadístico. También se preparó y validó un modelo de elementos finitos para profundizar aspectos peculiares de la investigación y la disponibilidad del método. Consiguieron detectar un comportamiento inusual documentado (por ejemplo, daño o deterioro) a través de mediciones de sensores de tensión de fibra óptica de largo calibre y un estudio probabilístico de la densidad espectral de potencia de curvatura dinámica [12].

Otros investigadores chinos, pero con trabajo en Estados Unidos, como Weijie Li, Changhang Xu, Siu Ho, Bo Wang y Gangbing Song, en el 2017, presentaron los resultados de una investigación experimental sobre el monitoreo de la corrosión de un bloque de mortero reforzado con acero a través de la emisión combinada acústica y la medición de la tensión de la rejilla de Bragg. Para sus experimentos se aplica corriente constante a un bloque de mortero para inducir corrosión acelerada. El proceso de monitoreo consta de dos aspectos: iniciación de corrosión y propagación de grietas. La propagación de grietas se puede capturar a través de la emisión acústica correspondiente, mientras que la expansión del mortero debido a la generación de productos de corrosión se controla mediante sensores de deformación de rejilla de fibra Bragg. Se demuestra que las fuentes de emisión acústica provienen de tres tipos diferentes, a saber, la evolución de las burbujas de hidrógeno, la generación de productos de corrosión y la propagación de grietas. También se discuten sus propiedades correspondientes [13].

Desde otro enfoque, en la ciudad de Wuhan, en China, Ciming Zhou, Tao Tian, Li Qian, Dian Fan y Weilong Liang propusieron un novedoso sistema de detección de vibración de fibra óptica basado en interferometría de frecuencia desplazada (FSI) en el año 2017. Dicho sensor se basa en el fenómeno de que la frecuencia de la luz transmitida a través de un segmento de fibra doblada puede ser desplazada por efecto Doppler por la vibración. El cambio de frecuencia Doppler se mide utilizando la demodulación

FSI. En comparación con el sensor de vibración de rejilla Bragg de fibra tradicional, el sensor propuesto es fácil de fabricar, de bajo costo y sin dependencia direccional. Los resultados muestran que el sistema tiene una alta sensibilidad y un amplio rango de frecuencias, limitado solo por el aparato de excitación utilizado en el experimento [14].

En otro orden de ideas, Christopher Baldwin, en el 2018, realiza un análisis sobre las diferentes técnicas de detección usando sensores de fibra óptica, que son aplicados en la industria del petróleo y el gas. El artículo busca proporcionar una visión general sobre diferentes métodos como: Bragg gratings, Raman scattering, Brillouin scattering, Rayleigh scattering and interferometric sensing, métodos utilizados para el monitoreo de tuberías y pozos de petróleo. El autor menciona y resalta que el uso de estos métodos ha demostrado ser una solución viable en muchas aplicaciones, sin embargo, el elevado costo inicial para la aplicación de estos métodos ha llevado que la industria del petróleo considere implementar otras tecnologías tradicionales, debido a que el petróleo ha luchado para encontrar una estabilidad de su precio en el mercado [15].

En otro estudio, José Serracín y José Miranda en el 2018 desarrollaron en Panamá una investigación con el objetivo de encontrar métodos de bajo costo que permitan la ejecución de monitoreo en diferentes estructuras civiles. En este estudio se observa una marcada relación entre el uso de sensores y su capacidad de respuesta debido a las deformaciones que se generan [16].

En Canadá en el 2018, Hua Lu, Xija Gu presentan un nuevo método de prueba que utiliza rejillas de fibra Bragg (FBG) para el monitoreo de fallas en la fabricación de placas de circuito impreso (PCB), bajo operaciones de servicio las estructuras por lo general están sujetas a condiciones complejas como temperatura, humedad y entorno químico, así como la carga mecánica. Las uniones con soldadura en la placa son las más débiles de todos los elementos en la PCB, por lo cual es necesario determinar la fractura inicial con precisión. Los sensores FBG tienen alta sensibilidad, amplio rango dinámico e inmunidad a interferencias electromagnéticas, lo cual hace que esta tecnología sea eficiente para la detección de fallas para la microelectrónica [17].

De vuelta en China, pero esta vez desde la ciudad de Tianjín, en el 2018 Tiegeng Liu, Wanchen Zhang, Shuang Wang y Junfeng Jiang propusieron un sensor Fabry-Perot (FP) de fibra óptica insensible a la temperatura para la medición del nivel de líquido. Mediante la combinación de diferentes férulas, la cavidad FP se fabrica sin un sello para eliminar la influencia del aire residual en la cavidad FP, por lo tanto, la sensibilidad cruzada a la temperatura se reduce significativamente. La cavidad FP abierta constituye una estructura de detección de presión diferencial al mismo tiempo. Para verificar el rendimiento de este sensor, se lleva a cabo un experimento con un sistema de presión y temperatura de fibra óptica. El sensor tiene una buena respuesta lineal monótonica con una precisión inferior al 0.4% F.S. (Escala completa) [18].

Por otra parte, en el mismo año en Israel, Craig Lopatin realiza una investigación sobre las aplicaciones de sensores de fibra óptica en la industria aeroespacial. En este artículo resalta las ventajas de los sensores de fibra óptica para las aplicaciones aeroespaciales en el monitoreo estructural de las alas en las aeronaves, las cuales son: inmunidad a la interferencia electromagnética, facilidad de multiplexación y peso ligero, sin embargo, la aceptación de esta tecnología por parte de la industria aeroespacial ha sido lenta por razones específicas como: la rejilla Bragg de fibra óptica detecta la tensión distribuida, pero es difícil cuantificar el daño, por otra parte otros métodos como el ultrasonido y la corriente parásita proporcionan información sobre los daños. Por lo cual la aplicación de sensores de fibra óptica en esta industria es muy poca, debido a que los métodos actuales tienen claras ventajas sobre la fibra óptica [19].

También en el mismo año, Lun-Kai Cheng, Peter Martijn Toet realizan una investigación sobre el funcionamiento básico de la rejilla Bragg de fibra óptica (FBG). Una vez más, hablan de las ventajas de esta tecnología para realizar una gran red de sensores y la facilidad para integrar cada sensor con diferentes parámetros físicos en un solo sistema de detección multiparamétrica [20].

En el 2019, Haihao Cheng, Shun Wu, Qiang Wang, Shun Wang y Peixiang Lu, nuevamente desde China, realizan un estudio sobre los sensores de fibra óptica debido a sus ventajas intrínsecas de peso ligero, pequeño tamaño,

flexibilidad e inmunidad a la interferencia electromagnética, implementa métodos para la detección de la curvatura y presenta un sensor de fibra óptica para la medición de la curvatura y temperatura con baja sensibilidad cruzada. El dispositivo es compacto, fácil de fabricar y de bajo costo [21].

En Perú, en el 2019, David Fosca Gamarra implementa una estación remota de monitoreo estructural para el seguimiento y control del estado actual de los monumentos de relevancia histórica. El sistema de monitoreo consta de un conjunto de sensores como: Galgas extensiométricas, fibra de Bragg, piezoeléctricos, fibra óptica, celdas fotoeléctricas, RFID, anemómetros, acelerómetros y celdas de carga, que permiten tomar mediciones sobre deformación, desplazamiento, rotación, distorsión, fuerzas, luz, fotones, temperatura, humedad, radiación solar, velocidad de viento, precipitación, cambios de aceleración, velocidad y peso. Dependiendo de la aplicación del sistema de monitoreo, se puede trabajar con diversos sensores para el diagnóstico estructural. El sistema también cuenta con una unidad de centralización y adquisición de datos, tiene una conexión remota vía Wi-Fi a la estación base [22].

En la ciudad de Taiyuan, en China, Jian Li, Tao Yu, Mingjiang Zhang, Jianzhong Zhang, Lijun Qiao y Tao Wang, en el 2019 propusieron experimentalmente un sensor distribuido de fibra óptica basado en la configuración del circuito Raman y la característica de pérdida de fibra para detectar la temperatura y la grieta de la estructura. Los resultados del experimento indican que el coeficiente de pérdida de fibra mantiene una buena variación lineal entre los rangos de grietas de 1.6 mm y 5.6 mm. Los estudios logran la temperatura y la medición de grietas solo por una fibra [23].

En otro estudio realizado en España, Pintado, Frövel y Güemes, en el 2019 desarrollan y evalúan sensores imbebibles en la estructura de tanques criogénicos y basados en fibra óptica para medir simultáneamente deformación, temperatura y posibles fugas de hidrógeno. Presentan algunos resultados correspondientes a la evaluación de los sensores investigados, se consideró que el más adecuado son en redes de Bragg grabadas en el núcleo de fibras ópticas monomodo, debido a su capacidad de operar en ambientes explosivos, su estabilidad a largo plazo y permitir multiplexación, todos

estos requisitos clave para los sensores embebidos y la aplicación buscada [24].

Ese mismo año, desde Beijing, Sheng Liang, Xiaoting Zhao, Ruijun Liu y Xiaodong Zhang propusieron un nuevo nervio auditivo de fibra óptica del suelo (FANG) en el suburbio basado en el sensor de vibración distribuida de fibra óptica (DVS). Los eventos de vibración se analizan en combinación con las condiciones del terreno para reconocer la máquina que trabaja en la fábrica, el apisonamiento y los vehículos que pasan cerca de diferentes áreas y carreteras. El flujo de tráfico se estima mediante el conteo de vibraciones con un error de conteo que se cree que está en un rango aceptable. La distribución y las tendencias de fluctuación del flujo de tráfico estimado son útiles e ilustrativas para el monitoreo del tráfico y el preaviso de eventos especiales, como un accidente [25].

En otro estudio, Ke Xu, Haoying Li, Yingjie Liu y Yujie Wang, nuevamente desde China, en el 2019, demostraron que los sensores de humedad de fibra basados en absorción trabajan cerca de una longitud de onda de 1950 nm, que es un pico de absorción de agua fuerte. Para el experimento se fabrican dos estructuras de sensores que incluyen una fibra cónica y un resonador de nudos de microfibra. Para el sensor de fibra cónica, se ha logrado una sensibilidad de hasta 0.18 mW /% RH a través de la medición de potencia directa. Para el sensor de nudo de fibra, las variaciones de humedad relativa inducen tanto el cambio de la relación de extinción como el cambio de longitud de onda. El rendimiento del sensor para las dos estructuras también se investiga a diferentes temperaturas de 25 ° C a 45 ° C y los resultados indican un impacto insignificante de las variaciones de temperatura [26].

En Santiago de Chile, José Ignacio Seguel, en el presente año ha dado a conocer diferentes métodos de monitoreo y cuál de estos métodos permite estimar de mejor manera el comportamiento estructural ante acciones externas, describe estos métodos y realiza una serie de recomendaciones para la aplicación de un sistema de monitoreo estructural [27].

Por otra parte, Judit Gómez, Joan R. Casas y Sergi Villalba, en el 2020, realizaron la implementación de un sistema sensor de fibra óptica distribuido (DOFS) en el túnel del metro TMB L-9 en Barcelona para fines

de monitoreo de salud estructural, esta implementación muestra un buen desempeño de esta técnica novedosa en el monitoreo de la tensión a lo largo de las secciones afectadas [28].

En otra investigación, Antoine Bassil, Xavier Chapeleau, Dominique Leduc y Odile Abraham desde Francia en el 2020, estudiaron el mecanismo de transferencia de tensión entre un material huésped y una fibra óptica. Este nuevo modelo de transferencia de tensión se examinó mediante la realización de pruebas de división de cuñas en muestras de hormigón equipadas con cables de fibra óptica empotrados y montados en la superficie. Se lograron estimaciones precisas de las aberturas de grietas próximas a la ubicación del cable óptico, así como el monitoreo de la respuesta del cable óptico siguiendo el parámetro de retraso de tensión [29].

En Alemania, en el 2020, Hinrich Grefe, Dennis Weiser, Maja Wanda Kandula y Klaus Dilger proporcionaron información valiosa sobre la acumulación de tensión y tensión térmica a partir del monitoreo de la deformación dentro de una junta adhesiva durante el ciclo de curado. Para ello se tuvo en cuenta que, integrado en una junta híbrida, se puede controlar el proceso de curado térmico del adhesivo. Esta visión detallada de la articulación ayuda a comprender la deformación y, por lo tanto, también la tensión resultante. El análisis del proceso de deformación establece la base para adaptar las técnicas para reducir la deformación inducida térmicamente y, por lo tanto, el esfuerzo resultante [30].

En la ciudad de Zúrich, en Suiza, Fabian Walter, Dominik Gräff, Fabian Lindner y Patrick Paitz demostraron este año que la detección acústica distribuida (DAS) cierra las brechas de observación críticas de los procesos sismogénicos en el terreno alpino. Las mediciones dinámicas de deformación en un cable de fibra óptica de 1 km de largo en una superficie de glaciar producen sismogramas de alta calidad relacionados con el flujo de glaciares y las caídas de rocas cercanas. Los casi 500 canales de cable localizan con precisión una serie de eventos de deslizamiento de los glaciares y revelan fases sísmicas de las que se pueden derivar las propiedades de espesor y material del glaciar y su lecho. Se demostró el potencial de la tecnología DAS para el monitoreo sísmico de la dinámica de los glaciares y los peligros naturales [31].

Entre tanto, en Italia, en el 2020, Marco Domaneschi, Gianni Niccolini, Giuseppe Lacidogna y Gian Paolo Cimellaro presentaron la evaluación estructural y de daños de una viga de hormigón armado sometida a una prueba de flexión de cuatro puntos hasta obtener acero de refuerzo. El progreso del deterioro se controló utilizando diferentes técnicas de pruebas no destructivas. La deformación se midió mediante sensores ópticos de fibra distribuida, incrustados antes del vertido del hormigón. El inicio y la propagación de las grietas fueron monitoreados por sensores de emisión acústica unidos a la superficie del material. Los resultados del sistema de monitoreo integrado se confirman mediante la observación visual del patrón de grietas real [32].

Nuevamente desde Alemania, en el presente año Julia Guffart, Yannick Bus, Marcel Nachtmann y Markus Lettau, dieron muestra del uso de sensores de retrodispersión de fibra óptica para el monitoreo en línea de la concentración de partículas en dispersiones altamente llenas y sistemas de recubrimiento. Se tuvo en cuenta que al miniaturizar la distancia entre las fibras del transmisor y el receptor a $<600 \mu\text{m}$, la luz ingresada también puede penetrar fracciones de fase dispersa alta de hasta el 60%. Debido a la disposición de medición, se pueden encontrar influencias de transmisión y dispersión en la señal resultante. Una posible descripción de la curva de medición no lineal resultante sigue usando un modelo simplificado [33].

En el 2020 Yong Zheng, Zheng-Wei Zhua, Wang Xiaoa, Quan-Xiang Denga, realizan una revisión sobre el desarrollo de dos sensores de fibra óptica (sensores de rejilla de fibra Bragg (FBG) y fibra basada en la pérdida de doblez), estos sensores permiten la predicción de desplazamiento o tensión, para evaluar la seguridad en estructuras como: presas, túneles e ingeniería de excavación. Los autores realizan un análisis comparativo sobre las ventajas y desventajas de estas tecnologías, teniendo en cuenta variables como la sensibilidad, rango de medición, linealidad, parámetros medidos y precio [34].

Perspectiva nacional.

En Colombia la fibra óptica se ha establecido como uno de los sistemas de transmisión de información de más alta velocidad. En los últimos años se

ha distribuido en todo el territorio del país al punto de llegar directamente a los hogares de las personas con normalidad. Sin embargo, su estudio como sensor es un campo poco explorado, por lo que los artículos de investigación al respecto son escasos y en ellos se suelen encontrar adaptaciones de teorías, técnicas y propuestas que ya han sido probadas en otros países.

Como un primer exponente, se puede observar que en la ciudad de Medellín, Francisco Javier Vélez en el 2015 presenta un método no invasivo para la medición de micro deformaciones en estructuras de concreto usando sensores de redes de Bragg en fibras ópticas adheridas a su superficie, en esta investigación realizan mediciones en losas viales de concreto bajo una carga estática de 10 kN, encontrándose una relación aproximada de 2 : 1 entre la deformación registrada por los sensores y los valores arrojados por una simulación computacional con el método de elementos finitos [35].

Desde otra perspectiva, esta vez en la ciudad de Bucaramanga, Laura Andrea Vargas Carvajal, en el año 2016, realiza una propuesta de monitoreo del comportamiento dinámico para la salud estructural del puente Gómez Ortiz en la vía Girón Zapatocha. Realiza un análisis del cambio en diferentes propiedades de una estructura a partir de las mediciones hechas en un mismo punto en diferentes tiempos, Los factores de operación del puente pueden tener un efecto tanto en las frecuencias como en el amortiguamiento asociado a estas, producto de la interacción dinámica entre los vehículos (carga) y la estructura. Es importante conocer esta variación para que el sistema de monitoreo sea confiable [36].

Nuevamente en el 2016, Jorge Eduardo Aristizabal Gil desarrolló un modelo para monitorear el asentamiento diferencial de fundaciones David Alfredo Ochoa Lotero, en Antioquia. Con ello buscaba establecer un esquema de monitoreo de salud estructural para los asentamientos diferenciales de fundación a partir de las deformaciones unitarias de sus vigas de amarre aferentes. Se tuvo en cuenta que, para realizar el análisis de las deformaciones presentes en una viga de fundación, se debe inicialmente contextualizar sobre el diseño de las mismas y cómo se comportan ante las sollicitaciones de una estructura, todo esto como factores preliminares de análisis. Se evidenció a lo largo del proyecto que para los modelos de software es de vital importancia realizar refinamientos en los que se tengan

en cuenta los posibles factores externos que tendrían influencia sobre los resultados, para validar así las suposiciones iniciales planteadas [37].

El siguiente año, Farid Meléndez Pertuz muestra una perspectiva actual de los métodos y técnicas utilizadas para la protección, monitoreo y control de las estructuras de hidrocarburos. Realiza una revisión sistemática de la literatura para identificar las tendencias sobre la integridad estructural de los sistemas de transporte de hidrocarburos y utilizan el método de elementos finitos permite simular el estado tensional del ducto ante desplazamiento impuesto al suelo [38].

Desde el punto de vista de la ingeniería civil, en Bucaramanga, Gina Paola Ramírez en el 2017 propuso una revisión del estado del arte sobre las diferentes tecnologías de sistemas de instrumentación para el monitoreo permanente de la salud estructural de puentes de concreto utilizados en diferentes estructuras a nivel internacional y nacional. Para ello se desarrollaron 3 criterios de análisis: índice de la condición estructural, capacidad estructural y vida residual o vida útil y evaluación estructural, capacidad de carga y vida útil. Finalmente se concluyó que el monitoreo de la salud estructural se puede definir como la detección in situ de características estructurales por medio del uso de equipos no destructivos que permiten obtener la respuesta de la estructura ante cualquier efecto [39].

Panorama local.

A nivel regional el estudio de sensores de fibra óptica es aún más escaso. No obstante, el tratamiento de la fibra óptica como sensor incluye el estudio de ciertos fenómenos de la fibra que afectan su comportamiento. Algunos de estos fenómenos han sido estudiados en la región y se incluyen en este artículo a pesar de tener una longevidad mayor a cinco años, porque creemos que la falta de artículos en este tema es un dato bastante diciente y debe tenerse en cuenta incluyendo los pocos exponentes encontrados.

En primera instancia, encontramos que, en el 2011, el ingeniero Byron Medina Delgado, junto con Jesús Álvarez Guerrero y Neil Guerrero González, investigaron sobre la compensación digital de la dispersión

cromática en sistemas de comunicaciones ópticas basados en algoritmos CMA y MMSE. Dicha investigación tenía como finalidad compensar los efectos causados por la dispersión cromática en sistemas de comunicaciones ópticas. Para ello se simularon dos sistemas de comunicación ópticos: un sistema de transmisión en banda base y uno de radio sobre fibra (RoF). Las simulaciones se realizaron utilizando dos fibras ópticas monomodo estándar de diferente coeficiente de dispersión. Los resultados de las implementaciones permitieron la evaluación del comportamiento de ecualizadores digitales [40].

Dos años después, en el 2013, Carlos Fernando Lozano Lozano y John Sánchez, igualmente de la ciudad de Cúcuta, determinaron perfiles de velocidad de ondas de corte a partir de registros de microtemblores. Se hizo un análisis de registros de microtemblores para la determinación de perfiles de velocidad de ondas de corte, con la ejecución de arreglos lineales y circulares de estaciones sismográficas, con base en la aplicación del método de autocorrelación espacial modificado. Se determinaron cinco arreglos dispuestos en forma lineal con tiempos de registro de 30 minutos para cada distribución ejecutada. En el arreglo lineal realizado en la ciudad de Cúcuta, se obtuvo un perfil compuesto por siete capas con velocidades entre 300 m/s y 750 m/s [41].

De manera más reciente, esta vez en el año 2017, en la ciudad de Cúcuta, los ingenieros: Karla Cecilia Puerto López, Byron Medina Delgado y Luis Leonardo Camargo Ariza, presentaron un artículo sobre el efecto de la dispersión cromática en un sistema híbrido. Con esto se buscaba la presentación de los resultados de la simulación del efecto producido por la dispersión cromática (CD) en la fibra óptica (RoF) y el efecto del ruido en la transmisión inalámbrica (AWGN); en un sistema de comunicación híbrido. Para simular el sistema de comunicaciones se empleó la herramienta Simulink de Matlab en donde se puede implementar cada una de los bloques de un sistema de comunicaciones, utilizando las librerías del software. En consecuencia, se definió que existe un desfase entre la respuesta en el tiempo de la señal con CD (Dispersión cromática) y sin CD, que cambia con respecto a la longitud de la fibra y que se comporta cíclicamente debido a la dispersión cromática [42].

Ése mismo año, los ingenieros: Karla Cecilia Puerto López, Lully Alejandro García Ortiz, Fabián Gómez López y Dinael Guevara Ibarra, publicaron un modelado de los fenómenos no lineales generados por el Efecto electro-óptico Kerr en una transmisión por fibra Óptica. Lo que se buscó fue presentar un estudio, simulación y evaluación de los fenómenos ópticos no lineales, auto-modulación de fase (SPM), modulación de fase cruzada (XPM) y mezcla de cuatro ondas (FWM), presentes en una comunicación por fibra óptica, y generados por el efecto electro-óptico Kerr. Para realizar el análisis y evaluación de los fenómenos no lineales, se realizaron simulaciones en el software Matlab. Para ello se creó una interfaz gráfica de usuario, la cual modela el canal de fibra óptica, junto con los fenómenos no lineales SPM, XPM y FWM. Con este modelo se evidenció la restricción que impone la constante de atenuación α en la potencia de la señal a medida que se propaga por el canal de fibra óptica [43].

Por último, en Norte de Santander, más específicamente, en el municipio de Ocaña, July Andrea Gómez, Haidee Yulady Jaramillo y Anderson Coronel Rojas en el año 2020 formularon un sistema para detección de fallos críticos en tuberías horizontales. Dicho sistema tuvo por objetivo detectar y diagnosticar fallas en tuberías mediante sistemas de datos estadísticos, inteligencia artificial y sistemas expertos. Definió en sus metodologías que los métodos basados en hardware se pueden clasificar según el tipo de sensores y equipos utilizados para detectar la falla. Entre los elementos más comunes para estas tareas se encuentran: el monitoreo acústico, la fibra óptica, sensores de cable, análisis por vibración entre otros. Gracias a la construcción del prototipo se tuvo más claridad en el análisis de fugas en tuberías y en la utilización de dispositivos que convierten señales analógicas en señales digitales [44].

Sin duda alguna los sensores de fibra óptica han revolucionado la industria del monitoreo estructural. Como se evidencia en los artículos consultados, no solo se trata esta temática desde la ingeniería electrónica, sino que se ve claramente que es un tema donde se impone la interdisciplinariedad, de hecho, el desarrollo de sensores de fibra óptica ha permitido grandes avances en la ingeniería civil. Otro de las disciplinas que suscriben esta temática tiene incidencia en la medicina, ya que la fibra óptica por sus cualidades permite monitorear aspectos que tienen repercusión directa en

la salud de las personas, como por ejemplo el nivel de ruido que puede tener un sector o las consecuencias de las vibraciones de una placa de concreto.

Un aspecto muy importante sobre esta temática lo encontramos en el gran aporte que hay en China para la investigación y el desarrollo de los sensores de fibra óptica. Sobresale entre todos los países aportando información relevante que no solo podemos encontrar en su territorio de manera directa, sino que en artículos internacionales fue común encontrar investigadores de este territorio.

Por el contrario, en Latinoamérica estos estudios sobre monitoreo estructural de vanguardia hacen uso de dinámicas ya aplicadas en otros países más desarrollados, pero no se enfocan en la investigación de nuevos avances en el tema. Este destalle puede tener una razón de ser en que en los países latinoamericanos la fibra óptica apenas ha estado dándose a conocer por sus ventajas en telecomunicaciones en los últimos años, mientras que algunos países del primer mundo ya cuentan con estructuras más robustas y tecnologías que evidencian los recursos destinados al desarrollo tecnológico. En Colombia, por ejemplo, aún se cree que la fibra óptica es un medio costoso para un fin (en telecomunicaciones) que puede suplirse mediante mecánicas más conocidas y más económicas. Ahora bien, mencionar su utilización como sensor, como puede verse en los artículos referidos, es un aspecto que está al margen de la necesidad, ya que en el país es común que se descuide el monitoreo de muchas estructuras debido a temas de corrupción y negligencia, incluso.

Uno de los detalles más importantes del monitoreo estructural a partir de fibra óptica es que a través de las diversas tecnologías desarrolladas se puede usar la fibra para transmitir información (como su uso habitual) a la par que se realizan las mediciones pertinentes para las estructuras. Este punto es bastante ventajoso, ya que puede favorecer a las edificaciones que ya cuenten con sistemas de fibra, ampliando su uso y ahorrándose un despliegue de sensores para su monitoreo, claro está, haciendo las adaptaciones pertinentes.

Por otro lado, el desarrollo de estas tecnologías ha adquirido tanta confiabilidad que su utilización en construcciones nuevas es un aspecto

que se puede tener en cuenta desde el momento del diseño, ofreciendo un monitoreo efectivo de gran variedad de parámetros, como son las vibraciones en placas de concreto, la temperatura en estructuras y el ambiente, el nivel de gas de ciertas naturalezas, la radiación electromagnética, el nivel de ruido, la presión en tanques de almacenamiento de líquidos, entre otros factores importantes que anteriormente requerían de sistemas de medición más complejos y menos efectivos.

Finalmente, es importante destacar que el estudio de la fibra óptica como sensor es un tema que ha ido en aumento en los últimos años. Se ha impuesto como un elemento ventajoso sobre los modelos tradicionales y se distingue en la actualidad como una de las mejores opciones, por no decir la mejor, para garantizar un monitoreo estructural de calidad, eficiente y confiable.

Conclusiones

Podemos concluir que el desarrollo de estos sensores en base a la fibra óptica es un tema innovador que se ha impuesto en la industria de las construcciones desde el punto de vista de la seguridad de las mismas en los campos de la ingeniería civil, la ingeniería de minas y la ingeniería electrónica. En el campo de la ingeniería civil y la ingeniería de minas los sensores de fibra óptica han demostrado que son una tecnología factible en aplicaciones para la localización de fracturas a pequeña escala en las estructuras.

Se evidencian claramente las ventajas de la fibra óptica sobre otros modelos de sensores en monitoreo estructural por su capacidad para vigilar áreas más grandes, su velocidad en la transmisión de información, su capacidad para medir gran variedad de variables importantes afines a las estructuras y no solo una variable por sensor, su utilización en otras tareas como las telecomunicaciones, entre otras. Aunque la tecnología de los sensores de fibra óptica evidencia ventajas en diferentes campos de la ingeniería, en la industria aeroespacial esta tecnología tiene una aceptación lenta, esto se debe a la difícil tarea de cuantificar los daños en las alas de las aeronaves, los métodos actuales que se utilizan en la industria aeroespacial para cuantificar los daños son más eficientes.

Referencias

- [1] C. Randhu, La tecnología de los sensores de fibra óptica. México: Universidad Autónoma de Nuevo León, 2001.
- [2] F. Montero de Espinosa, “Fibra óptica y ultrasonidos. Hidrófonos, micrófonos y acelerómetros. Fibra óptica y ensayos no destructivos”, *Revista de Acústica*. Vol. 3I. nos 3 y 4, pp. 1-4, 2020.
- [3] Secretaría de comunicaciones y transportes instituto mexicano del transporte, Actualización y seguimiento de los índices de desempeño estructural del puente río Papaloapan. Publicación Técnica No. 524, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt524.pdf>
- [4] Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, J. A. Villanueva Hernández, R. A. Vázquez Sánchez, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, C. M. García Lara, y Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, «Sensores de fibra óptica y sus aplicaciones en el medio ambiente», *Espacio I+D*, vol. 2, no. 3, pp. 94-115, 2013, doi: 10.31644/IMASD.3.2013.a06.
- [5] F. Navarro, “Sensores de fibra óptica FBG para el monitoreo de la salud estructural de los puentes”, *TM*, vol. 27, n.o 4, p. 3, nov. 2015, doi: 10.18845/tm.v27i4.2080.
- [6] M. Maheshwari, S. C. Tjin, y A. Asundi, “Efficient design of Fiber Optic Polarimetric Sensors for crack location and sizing”, *Optics & Laser Technology*, vol. 68, pp. 182-190, may 2015, doi: 10.1016/j.optlastec.2014.11.023.
- [7] T. Kissinger, R. Correia, T. O. H. Charrett, S. W. James, y R. P. Tatam, “Fiber Segment Interferometry for Dynamic Strain Measurements”, *Journal of Lightwave Technology*, vol. 34, no. 19, pp. 4620-4626, oct. 2016, doi: 10.1109/JLT.2016.2530940.
- [8] Y. Chen, Y. Zilberman, S. K. Ameri, W. J. Yoon, J.-J. Cabibihan, y S. R. Sonkusale, «A Flexible Gastric Gas Sensor Based on Functionalized

Optical Fiber», *IEEE Sensors Journal*, vol. 16, no. 13, pp. 5243-5248, jul. 2016, doi: 10.1109/JSEN.2016.2544701.

[9] K. Bremer et al., “Fibre Optic Sensors for the Structural Health Monitoring of Building Structures”, *Procedia Technology*, vol. 26, pp. 524-529, 2016, doi: 10.1016/j.protcy.2016.08.065.

[10] B.-O. Guan, L. Jin, L. Cheng, y Y. Liang, “Acoustic and Ultrasonic Detection With Radio-Frequency Encoded Fiber Laser Sensors”, *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, vol. 23, n.o 2, pp. 302-313, mar. 2017, doi: 10.1109/JSTQE.2016.2635035.

[11] L. K. Yi Cheng y P. Agüero Barrantes, “Introducción al Monitoreo de la Condición Estructural de Puentes”, 2017, vol. 5, p. 14.

[12] Domaneschi, M., Sigurdardottir, D., y Glisic, B., “Damage detection on output-only monitoring of dynamic curvature in composite decks”, *Structural Monitoring and Maintenance*, vol. 4, n.o 1, pp. 1-15, mar. 2017, doi: 10.12989/SMM.2017.4.1.001.

[13] W. Li, C. Xu, S. Ho, B. Wang, y G. Song, “Monitoring Concrete Deterioration Due to Reinforcement Corrosion by Integrating Acoustic Emission and FBG Strain Measurements”, *Sensors*, vol. 17, n.o 3, p. 657, mar. 2017, doi: 10.3390/s17030657.

[14] C. Zhou, T. Tian, L. Qian, D. Fan, W. Liang, y Y. Ou, “Doppler Effect-Based Optical Fiber Vibration Sensor Using Frequency-Shifted Interferometry Demodulation”, *Journal of Lightwave Technology*, vol. 35, n.o 16, pp. 3483-3488, ago. 2017, doi: 10.1109/JLT.2016.2592538.

[15] C. Baldwin, “Fiber Optic Sensors in the Oil and Gas Industry”, en *Opto-Mechanical Fiber Optic Sensors*, Elsevier, 2018, pp. 211-236.

[16] J. Serracín y J. Miranda, “Avances en el diseño de un sistema de bajo costo para el monitoreo de la salud estructural, a partir de la medición de deformaciones unitarias, utilizando sensores de fibra óptica.”, *Memorias de Congresos UTP*, pp. 96-102, jun. 2018.

[17] H. Lu y X. Gu, “Fiber Bragg Grating Strain Sensor for Microstructure in Situ Strain Measurement and Real-Time Failure Detection”, en *Opto-Mechanical Fiber Optic Sensors*, Elsevier, 2018, pp. 75-96.

[18] T. Liu et al., “Temperature Insensitive and Integrated Differential Pressure Sensor for Liquid Level Sensing Based on an Optical Fiber Fabry–Perot Interferometer”, *IEEE Photonics Journal*, vol. 10, n.o 4, pp. 1-8, ago. 2018, doi: 10.1109/JPHOT.2018.2860899.

[19] C. Lopatin, “Aerospace Applications of Optical Fiber Mechanical Sensors”, en *Opto-Mechanical Fiber Optic Sensors*, Elsevier, 2018, pp. 237-262.

[20] L.-K. Cheng y P. M. Toet, “Innovative Fiber Bragg Grating Sensors for Highly Demanding Applications”, en *Opto-Mechanical Fiber Optic Sensors*, Elsevier, 2018, pp. 175-209.

[21] H. Cheng, S. Wu, Q. Wang, S. Wang, y P. Lu, “In-Line Hybrid Fiber Sensor for Curvature and Temperature Measurement”, *IEEE Photonics Journal*, vol. 11, n.o 6, pp. 1-11, dic. 2019, doi: 10.1109/JPHOT.2019.2944988.

[22] D. F. Ramírez, “Implementación de una estación remota de monitoreo estructural para el seguimiento y control del estado actual de los monumentos de relevancia histórica en el Perú”, (Tesis pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, 2019.

[23] J. Li, T. Yu, M. Zhang, J. Zhang, L. Qiao, y T. Wang, “Temperature and Crack Measurement Using Distributed Optic-Fiber Sensor Based on Raman Loop Configuration and Fiber Loss”, *IEEE Photonics Journal*, vol. 11, n.o 4, pp. 1-13, ago. 2019, doi: 10.1109/JPHOT.2019.2931306.

[24] J. M. Pintado, M. Frövel, y A. Güemes, “Supervisión estructural de tanques criogénicos de material compuesto carbono/epoxi para lanzadores reutilizables”, p. 8, 2005.

[25] S. Liang et al., “Fiber-Optic Auditory Nerve of Ground in the Suburb: For Traffic Flow Monitoring”, *IEEE Access*, vol. 7, pp. 166704-166710, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2952999.

[26] K. Xu et al., “Optical Fiber Humidity Sensor Based on Water Absorption Peak Near 2- μ m Waveband”, *IEEE Photonics Journal*, vol. 11, n.o 2, pp. 1-8, abr. 2019, doi: 10.1109/JPHOT.2019.2901290.

[27] J. I. S. Anativia, R. R. Saavedra, F. R. Barrales, y F. H. Prado, “Bases metodológicas para implementación de sistemas de instrumentación y monitoreo de salud estructural en tiempo real de puentes en Chile”, p. 107, 2009.

[28] J. Gómez, J. R. Casas, y S. Villalba, “Structural Health Monitoring with Distributed Optical Fiber Sensors of tunnel lining affected by nearby construction activity”, *Automation in Construction*, vol. 117, p. 103261, sep. 2020, doi: 10.1016/j.autcon.2020.103261.

[29] A. Bassil, X. Chapeleau, D. Leduc, y O. Abraham, “Concrete Crack Monitoring Using a Novel Strain Transfer Model for Distributed Fiber Optics Sensors”, *Sensors (Basel)*, vol. 20, n.o 8, abr. 2020, doi: 10.3390/s20082220.

[30] H. Grefe, D. Weiser, M. W. Kandula, y K. Dilger, “Deformation measurement within adhesive bonds of aluminium and CFRP using advanced fibre optic sensors”, *Manufacturing Rev.*, vol. 7, p. 14, 2020, doi: 10.1051/mfreview/2020011.

[31] F. Walter et al., “Distributed acoustic sensing of microseismic sources and wave propagation in glaciated terrain”, *Nat Commun*, vol. 11, n.o 1, p. 2436, dic. 2020, doi: 10.1038/s41467-020-15824-6.

[32] M. Domaneschi, G. Niccolini, G. Lacidogna, y G. P. Cimellaro, “Nondestructive Monitoring Techniques for Crack Detection and Localization in RC Elements”, *Applied Sciences*, vol. 10, n.o 9, p. 3248, may 2020, doi: 10.3390/app10093248.

[33] J. Guffart et al., “Photometrische Inline-Überwachung der Pigmentkonzentration hochgefüllter Lacke”, *Chemie Ingenieur Technik*, vol. 92, n.o 6, pp. 729-735, 2020, doi: 10.1002/cite.201900186.

[34] Y. Zheng, Z.-W. Zhu, W. Xiao, y Q.-X. Deng, “Review of fiber optic sensors in geotechnical health monitoring”, *Optical Fiber Technology*, vol. 54, p. 102127, ene. 2020, doi: 10.1016/j.yofte.2019.102127.

[35] F. J. Velez, C. M. Serpa, y N. D. Gomez, “Medicao de micro de formaoes nos blocos viales usando redes de Bragg nas fibras óticas”, p. 12, 2010.

[36] L. A. V. Carvajal, “Propuesta de plan de monitoreo del comportamiento dinámico para la salud estructural del nuevo puente Gómez Ortiz en la vía Girón Zapatoca”, p. 154, 2016.

[37] J. E. A. Gil, “Modelo para monitorear el asentamiento diferencial de fundaciones David Alfredo Ochoa Lotero”, p. 73, 2016.

[38] F. Meléndez, J. G. Coneo, Z. Comas, B. Nuñez, y V. Molinares, “Integridad estructural de tuberías de transporte de hidrocarburos: Panorama actual”, *Revista Espacios*, Vol. 38, no. 17, pp. 10, 2017.

[39] G. P. V. Ramírez, “Sistemas de instrumentación para monitoreo permanente de la salud estructural de puentes en”, p. 72.

[40] J. Álvarez, B. Medina, C. M. Serpa y N. Guerrero, “Compensación Digital de la Dispersión Cromática en Sistemas de Comunicaciones Ópticas Basados en Algoritmos CMA y MMSE”,. 2011.

[41] C. Lozano, J. Sánchez, y M. Bermúdez, “Determinación de perfiles de velocidad de ondas de corte a partir de registros de microtemblores en las ciudades de Cúcuta y Neiva, Colombia”, 2013.

[42] K. C. P. López, B. M. Delgado, y L. L. C. Ariza, “Efecto de la dispersión cromática en un sistema híbrido”, *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA)*, vol. 2, No. 24, 2017. doi: 10.24054/16927257.v24.n24.2014.2344.

[43] F. G. López, L. A. G. Ortiz, K. C. P. López, y D. G. Ibarra, “Modelado de los fenómenos no lineales generados por el efecto electro-óptico kerr

en una transmisión por fibra óptica”, Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA), vol. 2, no. 28, 2017.doi: 10.24054/16927257.v28.n28.2016.2469.

[44] J. A. Gómez, H. Y. Jaramillo, y A. C. Rojas, “Sistema para detección de fallos críticos en tuberías horizontales”, Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, Vol. 1, no. 35,pp. 44-51, 2020.

Desarrollo de un sistema alternativo para la evaporación de lixiviado aprovechando la energía solar*

Development of an alternative system for the evaporation of leached by using solar energy

Recibido: mayo 10 de 2020 - Evaluado: junio 17 de 2020 - Aceptado: agosto 18 de 2020

Francisco Ernesto Moreno-García**
Jhon Jairo Ramírez-Mateus***
Sandra Milena Gómez-Peñaranda****
Pablo Andrés Guerrero*****
Henry Manuel Navarro*****

Para citar este artículo / To cite this Article

F. E. Moreno-García, J. J. Ramírez-Mateus, S. M. Gómez-Peñaranda, P. A. Guerrero, H. M. Navarro, “Desarrollo de un sistema alternativo para la evaporación de lixiviado aprovechando la energía solar” Revista de Ingenierías Interfaces, vol. 3, no. 2, pp. 99-115, 2020.

Resumen

En el tema de la disposición de residuos sólidos en el mundo, los rellenos sanitarios presentan su mayor utilidad en cuanto aplicabilidad y técnica. Sin embargo, dicha metodología presenta un inconveniente por la generación de lixiviados, cuyo líquido formado a través del paso de aguas que se drenan en los correspondientes rellenos presentan altos índices de contaminación que no pueden ser vertidos a los afluentes de agua limpia. Diferentes técnicas en este campo de estudio involucran

*Artículo inédito: “Desarrollo de un sistema alternativo para la evaporación de lixiviado aprovechando la energía solar”.

**Correo electrónico: femgarcia@ufps.edu.co, Universidad Francisco de Paula Santander.

***Correo electrónico jhonjairorm@ufps.edu.co, Universidad Francisco de Paula Santander.

****Correo electrónico: sgomez@corponor.gov.co, Corporación autónoma regional de la frontera nororiental

*****Correo electrónico: pabloandresgp@ufps.edu.co, Universidad Francisco de Paula Santander.

*****Correo electrónico: henrymanuelnm@ufps.edu.co, Universidad Francisco de Paula Santander.

procesos químicos, biológicos entre otros, pero lamentablemente necesitan de fuentes de energía eléctrica no renovable representando altos costos en operación y mantenimiento. Entre las fuentes de energía renovables más promisorias es la energía irradiada por el sol y aplicando los conocimientos de transferencia de calor y masa, se reorienta la energía para evaporar y filtrar los lixiviados en cantidades razonables. Este proyecto de investigación inicia en el diseño, elaboración y puesta en marcha de un prototipo a escala para la evaporización como forma de tratamiento de lixiviados aprovechando la energía irradiada por el sol. Cabe resaltar el gran aporte sustentado en satisfactorias pruebas experimentales en los productos y subproductos generados a partir del lixiviado como materia prima. El sistema electrónico está sustentado en una estructura arduino in circuit para la adquisición y exportación de la correspondiente data, que posteriormente fueron debidamente analizados para identificar y analizar el comportamiento y eficiencia del referido prototipo al transcurrir las horas del día. Finalmente, las muestras de los subproductos del lixiviados fueron analizadas en los laboratorios de aguas de CORPONOR, dentro de su estudio fisicoquímicos en el tratamiento de residuos líquidos industriales a bajos costos de nuestro prototipo.

Palabras clave: colector solar, caracterización de lixiviados, base reflectora, deflexión.

Abstract

On the subject of the disposal of solid waste in the world, the landfills to present their greatest utility in terms of applicability and technique. However, this methodology has a drawback due to the generation of leachates, whose liquid formed through the passage of water that is drained in the corresponding landfills present high levels of contamination that cannot be discharged to the tributaries of clean water. Different techniques in this field of study involve chemical, biological processes among others, but unfortunately they need non-renewable electric power sources representing high operating and maintenance costs. Among the most promising sources of renewable energy is the energy radiated by the sun and applying knowledge of heat and mass transfer, the energy is redirected to evaporate and filter leachates in reasonable quantities. This research project starts on the design, elaboration and start-up of a prototype scale for evaporation as a way to treat leachates taking advantage of the energy radiated by the sun. It is worth noting the great contribution sustained in satisfactory experimental tests in the products generated from the leachate as raw material. The electronic system is supported by an Arduino in circuit structure for the acquisition and export of the corresponding data, that later were duly analyzed to identify the behavior and

efficiency of the referred prototype as the hours of the day. Finally, the samples of the leached products were analyzed in the water laboratories of the CORPONOR, within your physicochemical study in the industrial waste treatment low costs of our prototype.

Keywords: solar collector, characterization of leachates, reflector base, deflection.

1. Introducción

El aumento de la población humana y la mejoría de los índices de calidad de vida están relacionados al incremento del consumo generado por el desarrollo tecnológico. Los aspectos negativos de dicho incremento productivo son una mayor explotación de los recursos naturales que tienen como efecto final los desechos de grandes volúmenes de residuos sean biológico y no biológicos.

La contaminación de los afluentes naturales, causada por el manejo de los residuos biológicos y no biológicos, ha representado en un riesgo para medio ambiente y la salud humana. Dicho efecto ha generado a nivel mundial una alerta y conciencia de optimizar los procesos de residuos (RSU), Figura 1, de forma adecuada y seria [1].



Figura 1. Generación de lixiviados.

Fuente: [1].

Según [2] los lixiviados son líquidos contaminantes infiltrados a través de una masa de residuos en los rellenos sanitarios, formados por la humedad existente en la masa de dichos residuos, y en proceso de degradación biológica, y por la filtración de aguas lluvias. La razón orgánica de los residuos es biodegradable y sus componentes orgánicos e inorgánicos son solubilizados en las aguas lluvias [3].

De acuerdo [4], [5], los lixiviados presentan una mezcla de altas concentraciones de contaminantes como lo son ácidos húmicos, nitrógeno amoniacal, metales pesados y sales inorgánicas entre otros.

Actualmente cerca del 20% de la población mundial carece de agua potable y cerca del 50% carece de infraestructuras sanitarias. En la práctica, los procesos a los cuales se recurre para el tratamiento de los lixiviados son insuficientes al aumento de calidad del producto final. En la gran mayoría, los costos del tratamiento, asociados a los costos de las instalaciones dejan lagunas difíciles de superar. Por lo tanto, se torna un reto poder crear impactos positivos a través de nuevas soluciones a estos problemas de tratamiento de lixiviados a la vez que se estará dando respuesta a los problemas ambientales.

Además, se deja un punto inicial para futuros estudios afines, que nos lleven a mejorar los componentes y eficiencia cada día más (Figura 2).

Por esta razón, al poder dar nuevas alternativas para el tratamiento de lixiviados a partir del aprovechamiento de la energía térmica solar se sienta una tendencia innovadora promisoriosa que no se ha explorado en ningún otro relleno (región oriental de Colombia) y es una alternativa para las características de calidad, cantidad y operación, ante las condiciones climatológicas, ante la disponibilidad de espacio y disposición de la administración del relleno que facilitan la operatividad del tratamiento.



Figura 2. Piscina de almacenamiento totalmente llena de lixiviados.

Fuente: Autores.

Finalmente, es importante desarrollar sistemas y estrategias que permitan un uso más eficiente del agua y a la vez que sean más respetuosos con la conservación de los recursos naturales y en general con el medio ambiente.

Para este trabajo se optó por el diseño y desarrollo de un sistema de evaporación aprovechando la energía solar, reduciendo así el costo energético industrial y dando paso al uso de alternativas como son las energías renovables, de forma, se pueda contribuir a la disminución en la contaminación ambiental producida por lixiviados de rellenos sanitarios a partir del uso de energías renovables como método alternativo en los procesos de tratamiento convencionales.

2. Materiales y métodos

Este proyecto de investigación inicia con una detallada explicación del tratamiento de lixiviados más comunes a partir de su grado de peligrosidad y manejo. Posteriormente se presenta el diseño, elaboración y puesta en marcha del prototipo a escala para la evaporización como forma de tratamiento de lixiviados aprovechando la energía irradiada por el sol. El diseño del prototipo se realizó en un banco de pruebas experimental que permitieron conocer el momento y el ángulo de incidencia solar efectivo para el prototipo.

3. Resultados

Tratamiento de lixiviados más comunes

Existe un compendio de normatividad para la clasificación de los residuos a partir de su grado de peligrosidad y manejo. De forma que se presentan una variedad de tratamientos para su inertización o neutralización, por ejemplo, por manejo de arcillas que buscan la sedimentación o fijación de materiales o compuestos orgánicos contaminantes [6].

Otro tipo de tratamiento de residuos es la osmosis inversa, cuyo objetivo es la separación de sales inorgánicas a través de una membrana. Sin embargo, esta técnica representa costos elevados solo con adquirir la membrana y costos por mantenimiento debido a la sensibilidad a la temperatura y ensuciamientos [7].

Otro tratamiento es el procesamiento de borras, cuya extracción del agua se desarrolla por el espesamiento gravitacional mediante agentes biológicos o químicos como la cal [8]. Desde un principio, la evaporación natural se destacó como una alternativa para evaporar el líquido de los lixiviados sobre superficies a partir de la variación de humedad relativa y velocidad del aire [9]. La principal desventaja que se tiene con estos sistemas es la cantidad de terreno que requiere para localizar los procesos. Que a su vez son susceptibles a factores ambientales (por ejemplo, precipitaciones) que intervienen negativamente en el proceso de evaporización (Figura 3).

Adicionalmente la evaporación natural también ha reportado problemas operativos, como es el caso de la formación de espumas por la turbulencia generada en el proceso de evaporación, el incrustamiento de precipitados en el sistema, y el arrastre de compuestos orgánicos volátiles (COVs). Igualmente, cuando los lixiviados son jóvenes y existen altas concentraciones de ácidos grasos volátiles y amoníaco, dependen del pH cuando se realice la evaporación, estos compuestos se pueden arrastrar junto con el vapor de agua.



Figura 3. Piscinas antes y después del proceso de evaporización ambiental de lixiviados.

Fuente: [9].

Otros problemas que pueden presentar consisten en la corrosión, reducción de la sedimentación del lodo y los problemas operacionales en la planta debido a la precipitación de óxidos de hierros. Además, la alta concentración de metales puede inhibir la actividad biológica del lodo y reducir o eliminar la posibilidad de su posterior aplicación como fertilizante.

Por otro lado, la evaporización forzada es una alternativa, pues se basa desde el mismo concepto de la evaporización natural, pero destaca por su alto rendimiento a partir de un manejo adecuado de alguna fuente de energía de entrada. Esta técnica puede ser implementada utilizando el biogás generado como fuente de energía calorífica entre otras. La operacionalidad de sus unidades de evaporación forzada deben considerar algunas propiedades del lixiviado, tales como: concentración, formación de espumas, temperatura, presión, entre otros [11]. Según [12], el tratamiento de evaporación forzada reduce el volumen en un 90%, y puede aprovecharse las diferentes fuentes de energía calorífica.

Desde el aspecto medioambiental, existen diferencias muy significativas en cuanto a la influencia al aplicar cualquier método tratamiento sobre el medio ambiente. Los expertos en esta materia, han coincidido en que el factor que determina con mayor exactitud la incidencia sobre el medio ambiente de una máquina o proceso, es el que se ha dado en denominar

Tel (Total Environmental Impact) que engloba todos los parámetros de influencia [13]:

- ODP (Potencial de destrucción de Ozono).
- GWP (Potencial de calentamiento global-Efecto Invernadero)
- Rendimiento energético del sistema (COP).
- Vida atmosférica.
- Carga de los equipos (químicos).
- Emisiones de los equipos.

En la Tabla I y II, se observa un resumen de las principales características y consideraciones que se deben tener en cuenta en la comparación de las técnicas

Tabla I. Comparación entre tecnologías para el tratamiento (complejidad tecnológica)

Problemas con	Tratamiento					
	Aerobio	Anaerobio	Evaporación natural	Recirculación	Membranas	Sistemas naturales
Necesidad de insumos químicos	+++ (1)	+++ (1)	++ (2)	-	+++ (1)	-
Necesidad de insumos operacionales	++	+	+	+	+++	-
Necesidad de suministro de partes	++	-	+	+	+++	-
Suministro de energía eléctrica	+++	+ (4)	-	+	+++	+ (3)
Complejidad operacional	+++	+	++	+	+++	-

(1) Requiere un extenso pretratamiento

(2) Puede requerir pretratamiento, algunos sistemas usan sustancias para control de pH

(3) Requiere de bombeo del lixiviado

(4) Puede requerir de un sistema de pretratamiento

+ Una cruz significa como afecta negativamente la característica al proceso en cuestión. Entre más cruces más negativamente lo afecta

Fuentes: [10].

Tabla II. Comparación entre tecnologías para el tratamiento de lixiviados. de características problemáticas de lixiviados).

Problemas con	Tratamiento					
	Aerobio	Anaerobio	Evaporación natural	Recirculación	Membranas	Sistemas naturales
Formación de precipitados	++	+++	+	++	+++	+
Toxicidad a los microorganismos	++	++	No	No	No (5)	+
Formación de espumas	+++	+	++	+(5)	Variable (6)	No
Emisión de COV	+++	+	++	+	Variable (6)	+
Sensibilidad a variaciones de caudal	++	++	+	+	+	No
Producción de lodos	+++	+	+	No	+	
Requerimiento de áreas	Baja	Baja	Alta	Alta	Baja	Alta

(5) Pueden formarse en tanques de almacenamiento

(6) Si los sistemas son aerobios, la problemática puede ser muy alta.

+ Una cruz significa como afecta negativamente la característica al proceso en cuestión. Entre más cruces más negativamente lo afecta.

Fuentes: [10].

Banco de pruebas experimental

Para el diseño del prototipo, basado en el efecto secuencial de dos subprocesos como refuerzo al principio de evaporización natural, se desarrollaron una serie de cálculos para el dimensionamiento de dos secciones principales: la base reflectora y dos destiladores solares tipo piramidal en serie. En el caso de la base reflectora fueron calculados los parámetros del lado recto y los puntos máximos en X e Y de la parábola que se forma, según Figura 4b.

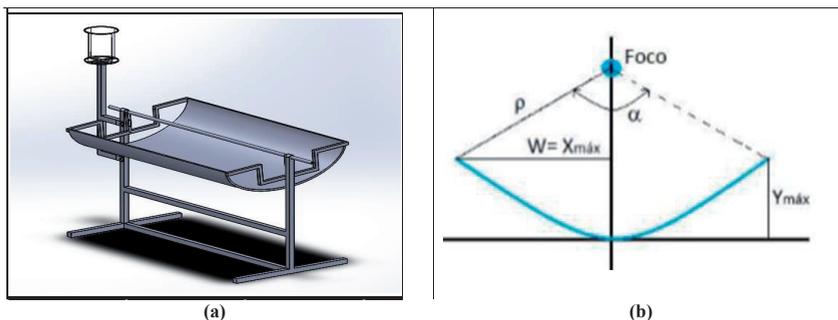


Figura 4. a) Representación del diseño del colector cilíndrico parabólico con el soporte b) Ángulo de apertura y distancia ρ del colector.

En este componente, según la ecuación (1) de la parábola se halla los valores del lado recto y se diseña para un punto focal reflector ($F = 30\text{cm}$ $F = 30\text{cm}$).

$$f(x) = y = \frac{x^2}{4*F} f(x) = y = \frac{x^2}{4*F} \quad (1)$$

De forma que al analizarse la fórmula del arco de una curva para el cálculo del ángulo de abertura α y la distancia ρ según figura anterior, cuya relación, ecuación (2), está basada en el principio triangulo rectángulo. Con el cual, obtenemos un colector cilíndrico con un $\alpha = 157,38$ cms y un $\rho = 50$ cms para una distancia máximas permitidas de Y_{max} en 20 cms y un X_{max} a 50 cms.

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{X_{\text{max}}}{F - Y_{\text{max}}} \quad \tan \frac{\alpha}{2} = \frac{X_{\text{max}}}{F - Y_{\text{max}}} \quad (2)$$

Para el diámetro del tubo receptor del colector cilíndrico, se obtuvo un valor de diámetro mínimo 2,54 cms para los 50 cms de distancia focal (ρ). En el caso del diseño de los destiladores solares tipo piramidal, se definió un volumen de almacenamiento tolerable máximo permitido a 20 litros con un ángulo de inclinación de 45° .

En la Figura 5, se presenta el diseño estructural y versión final del prototipo desarrollado. Para la respectiva instrumentación, se desarrolló un sistema de medición de temperaturas, humedad, radiación solar y medición del viento. Un sistema de adquisición basado en arduino uno in circuit, consistió en la toma de muestras por sensores de temperatura (pt-100), sensores de humedad (DHT11) y sensor de flujo de agua para una data medida cada 5 segundos. Adicionalmente se respaldó el sistema de adquisición con datalogger cuya función fue la de ir almacenando y creando una base de datos con las respectivas mediciones en tiempo real.



Figura 5. Diseño final del prototipo.

Fuente: Autores.

Resultados Experimentales

Se realizaron pruebas experimentales que permitieron saber en qué hora y ángulo de incidencia solar fue más eficiente el prototipo, para esto se ejecutaron pruebas experimentales durante cuatro (4) días variando los ángulos y teniendo un registro online de las mediciones de radiación solar, velocidad del viento, temperaturas y humedad, para una carga inicial de 10 litros de lixiviados de base crudo descargados a un flujo de 0,22 ml/s.

Se aplicó un diseño factorial a través de un planeamiento DOE (Design of Experiments) cuyo factor independiente en nuestro caso fue el ángulo de incidencia para nuestro colector solar a [-1, 0 y 1], los cuales representan los diferentes ángulos a [-45°, 0° y 45°] en el transcurso de trabajo desde las 8am hasta las 6pm.

En la Figura 6, fue identificado la hora solar pico (HSP) la cual nos permitió definir la energía por unidad de superficie que se recibió para irradiación solar por encima de los 1000 W/m². Para las mediciones solares con ángulo de -45°, 0° y 45°, la hora solar pico estuvo alrededor entre las 10 am y las 4 pm, representando un máximo aprovechamiento de la radiación solar en el colector en dicha franja. Para las mediciones solares con ángulo variable la hora solar pico esta alrededor de las 8 am y las 4 pm, extiéndase en una franja mayor comparado cuando se trabaja a un ángulo fijo.

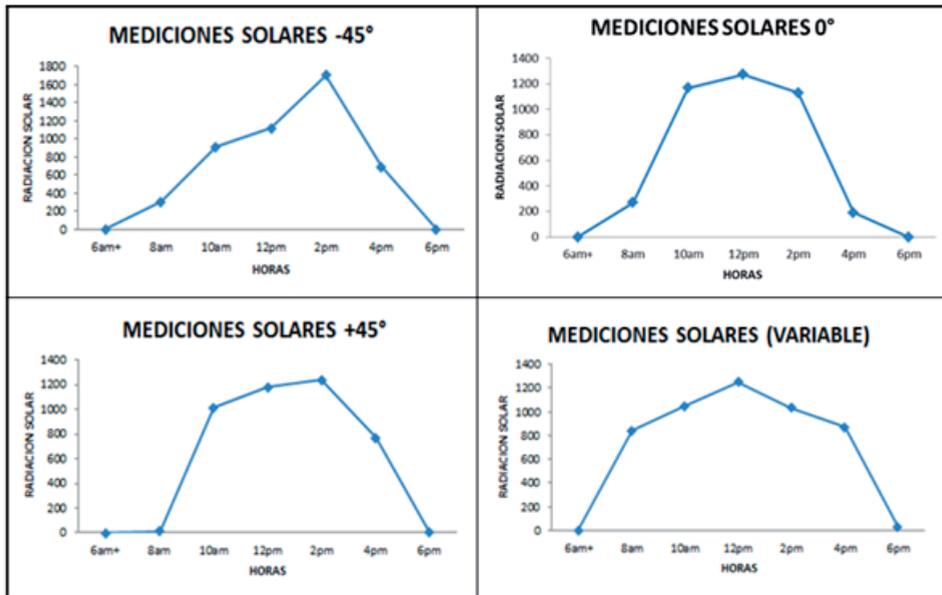


Figura 6. Representación gráfica de radiación solar respecto al tiempo.
Fuente: Autores.

Por otro lado, en los domos de destilación tipo piramidal, después de un balance en estado estacionario, se pudo identificar el calor absorbido por cada uno de los destiladores internamente al transcurso de las diferentes horas del día. Se observó un primer proceso de evaporización en el orden del 30% para los 10 litros iniciales de lixiviado base crudo a una alta temperatura adquirida por el paso en el colector, posteriormente parte del lixiviado evaporado fue condensado y separado hacia el segundo destilador, que finalizó el proceso de tratamiento 24 horas después, objeto de investigación de dicho proyecto.

De tal manera el lixiviado en el día absorbe calor en el orden de los 20764,7 KJ/Kg·m²·°C dentro de la franja de hora solar pico, prácticamente a las 12pm. Parte del lixiviado primario evaporado fue posteriormente condensado en el transcurso de las horas de la noche. En la Figura 7, se resalta óptimos valores de calor interno para el destilador primario exclusivamente para un ángulo de incidencia solar de 45°, lo que representa un mejor eficiencia y aprovechamiento de energía solar desde las primeras horas del día, 8am. Sin embargo, para las pruebas cuando se varía el ángulo de incidencia en

el transcurrir del día también se obtiene picos de calor en el orden de los 19862,6 KJ/Kg·m²·°C, pero para este caso extendiéndose a franjas de las 2 pm y manteniéndose un calor residual hasta horas de las 6 pm, a pesar de que la radiación solar prácticamente ya está en su mínima presencia.

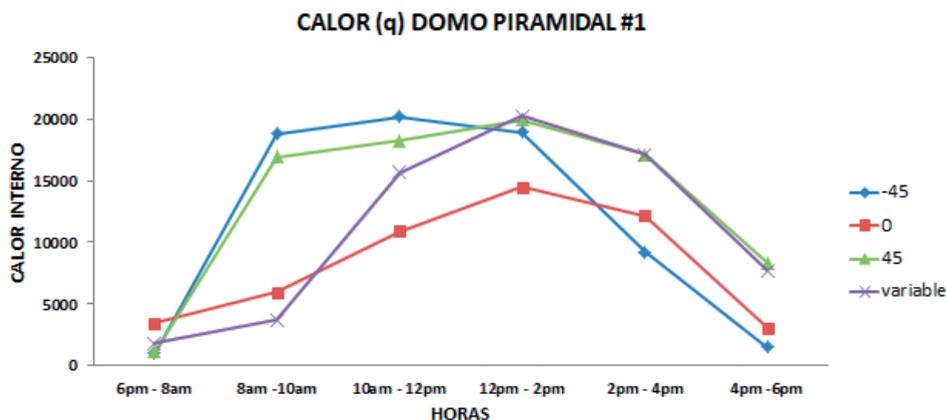


Figura 7. Representación gráfica del calor absorbido en el destilador primario para diferentes ángulos

Fuente: Autores.

Desde el aspecto de balance de masa para los ángulos de incidencia -45° , 0° , 45° y ángulo variable se obtuvieron 480 ml, 630 ml, 780 ml y 900 ml de lixiviado tratado por nuestro prototipo para los correspondientes ángulos. Se pudo constatar que con ángulo variable se obtuvo el mayor efluente final del proceso de tratamiento de lixiviado siendo de 900 ml, relacionado con mayor aprovechamiento de energía solar.

De manera general, como se puede identificar en la Tabla III, los parámetros de las muestras del lixiviado tratado (T1, T2, T3, T4, T5) donde: T1 es el lixiviado base crudo del relleno sanitario del parque tecnológico los guayabales de la región, T2 es el proceso o el tratamiento con ángulo de -45° y 0° , T3 con ángulo de 45° , T4 producto medio variable, T5 con ángulo variable. Los indicadores de estudio para los análisis fisicoquímicos fueron:

- Sólidos totales (ST): son los residuos del material que quedan en un recipiente después de la evaporación de la muestra.

- Sólidos suspendidos totales (SST): es el residuo filtrable de una muestra de agua natural o residual doméstica, se definen como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se seca a 103-105°C hasta peso constante.
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5): determina la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general residuales.
- Demanda química de oxígeno (DQO): parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida.
- Adicionalmente la prueba de Nitrógeno (NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL), fosforo total (PTOTAL) de fosfatos solubles en una muestra de agua y la prueba de Hierro total (HT) son parámetros de estudio para determinar el grado de contaminación en cada una de las muestras.

El tratamiento que mejor evidenció la disminución de parámetros fue la muestra (T3) la cual se obtuvo trabajando con el ángulo de 45° el cual hace referencia a las horas de la tarde porque se apreció una disminución considerable comparado con la muestra (T1) el cual es el lixiviado base crudo del parque tecnológico los guayabales.

Tabla III. Resultados de las pruebas fisicoquímicas de las muestras recolectadas.

Resultados									
Tratamientos									
	T1	T2		T3		T4		T5	
Volumen	10 L	480 ml – 630 ml		780 ml		800 ml		900 ml	
Parámetros	Producto Base o crudo	Angulo -45° & 90°	%	Angulo -45°	%	Angulo variable producto medio	%	Angulo variable producto medio	%
S	16000	354	2,2	70	19,97	5250	32,81	716	4,475
SST	353	10,9	3,08	5,33	1,5	44,5	12,6	7,2	2,03
DB OS	1200	77,2	6,43	28,6	2,38	147	12,25	37,5	3,125
DQO	3700	231	6,24	99,7	43,6	361	9,756	112	3,07
NT	1859	110	5,94	52	47,27	245	13,24	31	1,67
PT	10,6	<0,200	1,88	<0,200	1,88	16,3	0,0153	<200	1
FET	6550	344	5,25	<70	20,34	28000	41,74	88,2	1,54

Fuente: Autores.

De acuerdo [14] sobre los parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas (ARD), de las actividades industriales, comerciales o de servicio hace referencia a que el efluente final del proceso posee ciertas características de composición que de acuerdo al informe de resultados de laboratorio de la muestra recolectada presenta menores cargas contaminantes y así permitiéndonos a futuro continuar con un proceso donde sean aprovechadas en actividades de uso superficial según el tratamiento adecuado que les den. Finalmente, el resultado presenta una gran estabilidad frente a variaciones importantes en cuanto a las características del lixiviado y ausencia de olores desagradables (Figura 8).



Figura 8. Muestras de lixiviado en diferentes puntos del prototipo variando el ángulo de inclinación.

Fuente: Autores.

Conclusiones

Se observó una mejoría en el aspecto físico del lixiviado final, con una reducción en el orden del 90% para los diferentes parámetros fisicoquímico representando bajas cargas contaminantes del lixiviado base crudo inicial.

A nivel de masa, en un 7,8% y 9% de volumen del lixiviado base bruto (T1) fue tratado con un mayor aprovechamiento solar relacionado a mayores flujos por parte de nuestro prototipo.

Adicionalmente el efecto de UV (UVI) como indicador asociado a la intensidad de la radiación solar ultravioleta (UV-B) alcanzó niveles altos a un ángulo de 45° indicando un aprovechamiento óptimo del colector. Por lo tanto, el colector CPC diseñado absorbió la radiación difusa, permitiendo a futuro estudios relacionados a sistema de control de seguimiento solar.

Referencias

[1] Universidad Pedagógica Nacional, Manual para el Manejo de los Residuos Químicos y Peligrosos, 2009. [En línea]. Disponible en: http://mpp.pedagogica.edu.co/download.php?file=manual_riesgos_peligrosos_pgirp_.pdf

[2] A. Rehman, “Landfill leachate treatment using evaporation technology” (Thesis of Master). Carleton University, Ottawa, Ontario, 2003.

[3] G. D. B. Souto, “Lixiviado de aterros sanitários brasileiros – estudo de remoção de nitrogênio amoniacal por processo de arraste com ar (stripping)” (Tese Doutorado). Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 2009.

[4] S. M. A. Andrade, “Caracterização físico-química e tratabilidade por coagulação-floculação dos líquidos percolados gerados no aterro sanitário de Uberlândia-MG. 182 f. Dissertação” (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2002.

[5] J. Wiszniowski, D. Robert, J. Surmacz-Gorska, K. Miksch, y J.V. Weber, “Landfill Leachate Treatment Methods: A Review”. Environ. Chem. Lett. Vol. 4, pp. 51–61, 2006.

[6] F. A. López, y A López, “Solidificación / estabilización de residuos orgánicos mediante granulación con sepiolita”. En: Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. Vol. 41, no. 3, pp. 51–61, 2011. DOI: 10.3989/cyv.2002.v41.i3.657

[7] F.R. Beviá, J.L. Fernández, R. Salcedo y P.G. Algado, “Estudio de la capa de polarización durante el proceso de ósmosis inversa”. Revista Ingeniería química, ISSN 0210-2064, N°. 431, pp. 147-154, 2006.

[8] C. Estrada. “Tratamiento de residuos químicos peligrosos generados en los laboratorios de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos” (Tesis de Magister). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 2011.

[9] Arnal, J. M. “Tratamiento de residuos peligrosos mediante la tecnología evaporativa de bajo consumo ENA”. XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, pp. 1109-1116, 2012.

[10] E. Giraldo y C.R. Carmona, “Manejo Integrado de Residuos Sólidos Urbanos”, Editorial ministerio de medio ambiente 1998.

[11] C. J. Geankoplis, Transport Processes and Unit Operations. Englewood: New Jersey, Prentice – Hall, 1993

[12] J. M. Bahé. “Estudo da Evaporação de Lixiviados de Aterros Sanitários como Alternativa Tecnológica de Tratamento: Testes em Bancada” (Dissertação de Mestrado.). Universidade Federal de Pernambuco, Brasil, 2008.

[13] Departamento de instalaciones frigoríficas del CIFP. Refrigeración por absorción. Interés energético e impacto ambiental, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://departamentofrigorificohesperides.blogspot.com/2016/03/refrigeracion-por-absorcion-interes.html>

[14] Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Resolución 631 de 2015 parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones, 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.emserchia.gov.co/PDF/Resolucion631.pdf>

Aplicabilidad de las funciones de inspección, vigilancia y control en seguridad y salud en el trabajo en Norte de Santander*

Applicability of inspection, surveillance and control functions in occupational health and safety in Norte de Santander

Recibido: febrero 10 de 2020 - Evaluado: abril 2 de 2020 - Aceptado: junio 9 de 2020

Luz Belqui Rodríguez-Jaimes **
Franklin Joel Corzo-Mantilla ***

Para citar este artículo / To cite this Article

L. B. Rodríguez-Jaimes, F. J. Corzo-Mantilla, “Aplicabilidad de las funciones de inspección, vigilancia y control en seguridad y salud en el trabajo en Norte de Santander” *Revista de Ingenierías Interfaces*, vol. 3, no. 2, pp.117-144, 2020.

Resumen

Esta investigación tuvo como propósito analizar la aplicabilidad de las funciones de inspección, vigilancia y control en seguridad y salud en el trabajo en Norte de Santander. Se tomó como referente las disposiciones normativas vigentes en materia laboral en Colombia para poder verificar el cumplimiento de las funciones de los inspectores de trabajo aplicado a las empresas nortesantandereanas; para así, evaluar la eficacia y eficiencia del control de estos requisitos legales. Dentro de los principales resultados obtenidos, se obtuvo que a septiembre de 2019, de las 40.923 empresas formalmente inscritas ante la Cámara de Comercio de Cúcuta, se encuentran 17.826 afiliadas a las Administradoras de Riesgos Laborales, equivalente al 44% de la cobertura al Sistema General de Riesgos Laborales; el Ministerio de Trabajo de la Dirección Territorial del Norte de Santander cuenta

*Artículo inédito: “Aplicabilidad de las funciones de inspección, vigilancia y control en seguridad y salud en el trabajo en Norte de Santander”.

**Administradora de los servicios de la salud, Correo electrónico: luzbel374@hotmail.com, 0000-0002-3591-094X

*** Ingeniero Industrial, Correo electrónico: jcorzo@misena.edu.co, 0000-0003-2909-6416.

con 26 inspectores de trabajo, de los cuales 22 tienen facultad funcional en la ciudad de Cúcuta y 4 en los municipios del departamento, es decir, que para el período 2019, se debió realizar visitas de inspección en el ejercicio de la función previsiva a 1.574 empresas por cada inspector, con un indicador de 6 empresas diarias.

Palabras clave: inspección, vigilancia, control. seguridad y salud en trabajo, sistema de riesgos laborales.

Abstract

The purpose of this investigation was to analyze the applicability of the inspection, surveillance and control functions in occupational health and safety in Norte de Santander. The regulations on Occupational Health and Safety in Colombia were taken as a reference in order to verify the fulfillment of the duties of labor inspectors applied to North American companies; for this, evaluate the effectiveness and efficiency of the control of these legal requirements. Among the main results obtained, it was obtained that as of September 2019, of the 40,923 companies formally registered with the Chamber of Commerce of Cucuta, 17,826 are affiliated with the Labor Risks Administrators, equivalent to 44% with coverage to the General System of Occupational hazards; In the Northern Territorial Directorate of Santander of the Ministry of Labor there are 26 Labor inspectors of which 22 have functional faculty in the city of Cucuta and 4 in the municipalities of the department, that is, that for the period 2019, it was due Make inspection visits in the exercise of the projected function to 1.574 companies for each inspector, with an indicator of 6 companies per day.

Keywords: inspection, surveillance, control. occupational health and safety, occupational risk system.

1. Introducción

El Congreso de la República de Colombia ha definido normas legales en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo de obligatorio cumplimiento para los diferentes actores vinculados, como empresas públicas y privadas, con y sin ánimo de lucro, temporales y trabajadores independientes, entre otros, estipulado en el Decreto 1072 de 2015, Resolución 1111 de 2017 y Resolución 312 de 2019 [1], [2], [3]. Asimismo, es un deber del Ministerio

de Trabajo ejercer la función principal de inspección, vigilancia y control, por cuanto, es la autoridad competente, facultada para verificar y garantizar el cumplimiento de los Sistemas de Riesgos Laborales y Seguridad y Salud en el Trabajo, mediante funciones preventivas, intervenir en funciones de conciliador, participar activamente en el mejoramiento de los vacíos jurídicos existentes y deficiencias procedimentales, actuar como ente garante al cumplimiento de normas del sistema general de seguridad social en riesgos laborales y pensiones y principalmente, el Ministerio de Trabajo, tiene la facultad de autoridad policiva laboral.

En relación a la aplicabilidad de la Ley 1610 de 2013 [4], el Ministerio de Trabajo no cuenta con la suficiente cobertura en funciones de inspección, vigilancia y control que garantice el cumplimiento del Sistema General de Riesgos Laborales, la cual, se denota en la carencia de visitas de evaluación, verificación, seguimiento y cumplimiento de las disposiciones normativas laborales vigentes en general, por parte de los inspectores del trabajo; además, de la exigencia al cumplimiento del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo que deberán realizar los inspectores conforme a los Estándares Mínimos prescrito en la Resolución 312 de 2019 [3].

En ese orden, La Inspección del Trabajo en Colombia, puede catalogarse en un criterio generalista que abarca todo el ámbito de la normatividad laboral y no en un criterio especialista que separe específicamente por disciplinas el derecho laboral. Es decir, ostenta un amplio mandato sobre una gran variedad de cuestiones. Puede decirse que su ámbito de competencia coincide con todo el campo de la legislación laboral y de seguridad social [5].

El Ministerio de Trabajo no cuenta con los recursos suficientes para disponer de un personal especializado en las diferentes disciplinas laborales que les corresponda, toda vez que su función no está enfocada en temas específicos; el deber ser de la inspección, vigilancia y control se debería enfocar por grupos especializados de inspectores divididos en normas laborales individuales y colectivas, Sistema General de Seguridad Social Integral que se conforma en salud, pensión y riesgo laborales y el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo.

El Ministerio de Trabajo cuenta activamente con funciones principales que contribuye al mejoramiento de los sistemas y es garante del cumplimiento de las disposiciones normativas en materia laboral en referencia al trabajo individual y colectivo, Sistema General de Seguridad Social en Riesgos Laborales y Pensiones y el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo, de acuerdo con el artículo 3 de la Ley 1610 de 2013 [4], la cual, regula aspectos sobre las Inspecciones del trabajo y los acuerdos de formalización laboral, diferenciados en una función preventiva que pretende el cumplimiento de las normas de carácter laboral adoptando medidas garantistas; una función coactiva competente a la autoridad de policía laboral quien tiene la facultad coercitiva, se refiere a las aplicación de sanciones referente a los criterios de proporcionalidad y racionalidad para definir el monto de la sanción a los infractores de las normas laborales, establecidas en el Decreto Único del Sector Trabajo; una función conciliadora en la que se interviene en solución de conflictos laborales de carácter individual y colectivo, aplicando el principio de celeridad procesal y de economía; una función de mejoramiento que permite superar los vacíos y deficiencias procedimentales que se presentan en la aplicación de las disposiciones normativas laborales vigentes; y una función de garante al cumplimiento de las normas del trabajo en materia del Sistema General de Riesgos Laborales y Pensiones.

Las funciones previas del Ministerio de Trabajo con actividad habitual son funciones de autoridad de policía laboral y conciliadora, que permiten agotarse por vía administrativa a través de los procedimientos administrativos sancionatorios que pueden iniciarse de oficio o a petición de parte, la cual brindan como resultado un acuerdo conciliatorio o una decisión coercitiva en razón a los responsables de la inobservancia o transgresión de una norma del trabajo. Así se evidencia en el reporte de archivo del excel denominado “Querellas Norte de Santander” [5] emitido por el Ministerio de Trabajo que han dispuesto para el presente documento, en la que deja como resultado un total de seiscientos veintiuno (621) procedimientos administrativos sancionatorios en la dirección territorial del Norte de Santander del Ministerio de Trabajo, durante el período comprendido entre julio de 2009 y octubre de 2019, de los cuales, se encuentran doscientos treinta (230) procedimientos activos y trescientos noventa y uno (391) procedimientos finalizados.

Los procedimientos administrativos sancionatorios se dividen en dos tipos de investigación, unos de naturaleza en riesgos laborales de los cuales se encuentra 253 procesos y otros en Normas Laborales, que cuenta con 368. En ese orden, se resume que a corte octubre de 2019 de tipo riesgos laborales, han sido 152 procesos finalizados y 101 activos; igualmente los procedimientos administrativos sancionatorios de naturaleza normas laborales, en el mismo período, han finalizados 239 procesos y 129 se encuentran activos. En conclusión, de los 253 casos de naturaleza en riesgos laborales en lo que se resalta principalmente la inobservancia o transgresión de las disposiciones normativas vigentes en materia de seguridad y salud en el trabajo, se han ejecutoriado el 60% de los procedimientos en el Ministerio de Trabajo de la Dirección Territorial del Norte de Santander.

Las acciones de inspección, vigilancia y control del Ministerio de Trabajo en Colombia es un sistema institucional mixto, que pretenden garantizar el cumplimiento general de normas laborales; sin embargo, la población trabajadora activa de nuestro país y el total de las empresas formales e inscritas ante las Cámaras de Comercio y afiliadas a la Administradoras de Riesgos Laborales no es suficiente su cobertura a dicho cumplimiento, porque el Ministerio carece de exiguos recursos para la acciones de fiscalización previsiva.

En ese orden de ideas, se pretende un plan de mejoramiento sostenible que permita dar el cumplimiento al objetivo de la funcionalidad del Ministerio de Trabajo y no caer en yerros como se muestra el modelo institucional de la legislación laboral en Chile; este modelo, es un sistema mixto conformado por la administración del Estado mediante los Inspectores del Trabajo y los Tribunales de Justicia del Trabajo, que se les atribuyó facultades similares afectando insosteniblemente dicho sistema; la función primordial de los inspectores es la fiscalización de la legislación laboral y previsional que también puede ser revestida por la actuación judicial.

Este embrollo institucional que la propia jurisprudencia laboral ha creado, sostenido en fallos elípticos y mayoritariamente rituales, está permitiendo algo inesperado para el mundo de las relaciones laborales en Chile: flexibilidad laboral pura y dura, sostenida en el debilitamiento a tal extremo de las facultades fiscalizadoras de la inspección del trabajo, que

la mayor parte de las normas legales de protección al trabajador podrían quedar sin aplicación [6]. Lo que se pretendió en la investigación, es un análisis de la aplicabilidad normativa en función a los inspectores, más no es proponer un cambio al sistema de la administración pública; lo que se plantea es que mediante convenios con instituciones de educación superior se apoye al Ministerio de Trabajo en la realización de acciones básicas, con el propósito de cumplir con las acciones especializadas de inspección, vigilancia y control por parte de los inspectores.

Mientras que el modelo Norte americano es un enfoque especialista en el ámbito del derecho laboral, de tipo pluralista de inspectores del trabajo especializado por cada disciplina, que dentro de sus divisiones laborales se encuentra la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional – OSHA, como una de las Agencias de Gobierno de los Estados Unidos. Por consiguiente, en el caso norteamericano, donde existen diversas oficinas públicas en materia de control laboral, tales como la División de Salarios y Horas, OSHA (seguridad e higiene), ERISA (jubilaciones), EEOC (discriminación laboral), NLRB (sindicatos y negociación colectiva), etcétera” [6].

A través de un análisis descriptivo, se plantea proponer estrategias de apoyo para el cumplimiento efectivo de la inspección, vigilancia y control por parte del Ministerio de Trabajo, basado principalmente al objeto de estudio de la investigación, en la verificación del cumplimiento de estándares mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo a los actores vinculados, priorizando a aquellos con mayor vulnerabilidad frente a la clasificación del riesgo en relación a la actividad económica mediante alianzas o convenios de personal externo con formación académica tecnológica o superior en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo que contribuyan a la verificación efectiva de cumplimiento en normas laborales.

2. Materiales y métodos

En cuanto al objeto de estudio, el proceso de la metodología se basó en el análisis del articulado normativo laboral vigente de los Sistemas de Riesgos Laborales y de la Seguridad y Salud en el Trabajo en la que se integró la

funcionalidad de la autoridad competente en el ejercicio de la inspección, vigilancia y control. Para el desarrollo de la investigación se utilizaron instrumentos como la matriz documental en la que se diseñó la Matriz de Análisis Normativa que proporcionó una variable entre los instrumentos internacionales, la Constitución Política de Colombia, Leyes, Decretos y Resoluciones en materia laboral e información aportada por el Ministerio de Trabajo.

En la Figura 1, se presenta el esquema metodológico descrito anteriormente.

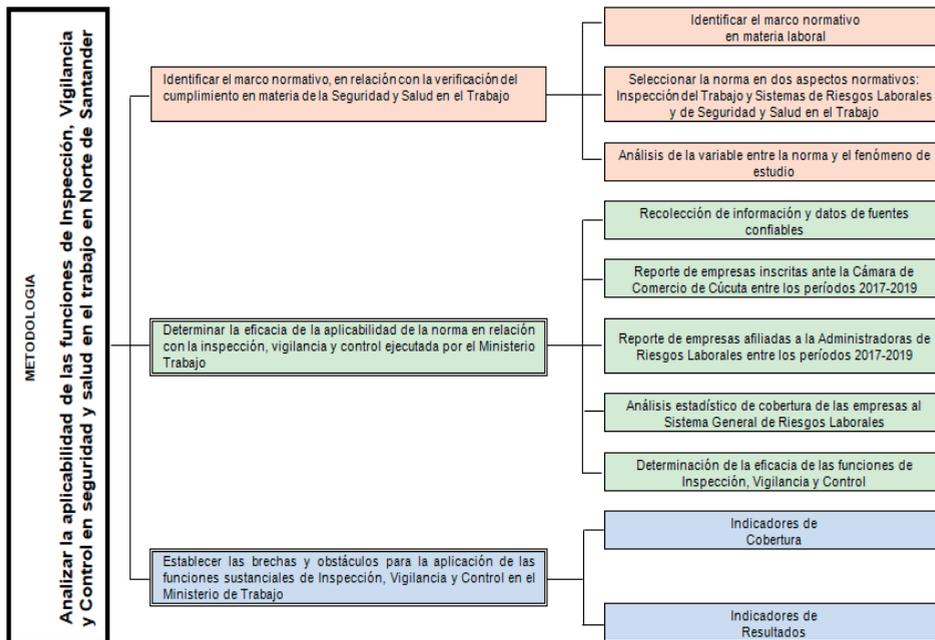


Figura 1. Metodología de la Investigación.

Fuente: Autores

3. Resultados

Identificación del marco normativo, en relación a la verificación del cumplimiento en materia de la Seguridad y Salud en el Trabajo.

Para el desarrollo de la investigación, se inició con la identificación de normas vigentes de Colombia, que para el objeto de estudio, fue necesario

abarcar articulados legales en relación a la inspección del trabajo y disciplinas del Sistema General de Riesgos Laboral y Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo, como se muestra en la Tabla I, en la que se presenta la norma aplicable, el objetivo de la norma identificada y el requerimiento específico, es decir, las disposiciones normativas que se identificaron para el fenómeno de estudio.

Tabla I. Identificación del marco legal en: inspección del trabajo en Colombia y sistemas de riesgos laborales y de seguridad y salud en el trabajo.

IDENTIFICACIÓN DEL MARCO LEGAL			
	Norma Aplicable	Objetivo de la Norma	Requerimiento Específico
MARCO CONSTITUCIONAL	Convenio Internacional C081 de 1947, Emitido por: Organización Internacional del Trabajo.	Sobre la Inspección del Trabajo	Art. 5. La autoridad competente deberá adoptar las medidas pertinentes para fomentar: (a) la cooperación efectiva de los servicios de inspección con otros servicios gubernamentales y con instituciones, públicas o privadas, que ejerzan actividades similares
	Convenio Internacional C161 de 1985, Emitido por: Organización Internacional del Trabajo.	Sobre los Servicios de Salud en el Trabajo	Art. 5. Sin perjuicio de la responsabilidad de cada empleador respecto de la salud y la seguridad de los trabajadores a quienes emplea y habida cuenta de la necesidad de que los trabajadores participen en materia de SST, los servicios de salud en el trabajo deberán asegurar las funciones siguientes que sean adecuadas y apropiadas a los riesgos de la empresa para la salud en el trabajo: A. Identificación y evaluación de los riesgos que puedan afectar a la salud en el lugar de trabajo; B. Vigilancia de los factores del medio ambiente de trabajo y de las prácticas de trabajo que puedan afectar a la salud de los trabajadores, incluidos las instalaciones sanitarias, comedores y alojamientos, cuando estas facilidades sean proporcionadas por el empleador; C. Asesoramiento sobre la planificación y la organización del trabajo, incluido el diseño de los lugares de trabajo, sobre la selección, el mantenimiento y el estado de la maquinaria y de los equipos y sobre las sustancias utilizadas en el trabajo; D. Participación en el desarrollo de programas para el mejoramiento de las prácticas de trabajo, así como en las pruebas y la evaluación de nuevos equipos, en relación con la salud; E. Asesoramiento en materia de salud, de seguridad y de higiene en el trabajo y de ergonomía, así como en materia de equipos de protección individual y colectiva; F. Vigilancia de la salud de los trabajadores en relación con el trabajo; G. Fomento de la adaptación del trabajo a los trabajadores; H. Asistencia en pro de la adopción de medidas de rehabilitación profesional.

Fuente: Autores

Continuación Tabla I. Identificación del marco legal en: inspección del trabajo en Colombia y sistemas de riesgos laborales y de seguridad y salud en el trabajo.

IDENTIFICACIÓN DEL MARCO LEGAL			
	Norma Aplicable	Objetivo de la Norma	Requerimiento Específico
MARCO CONSTITUCIONAL	Convenio Internacional C161 de 1985, Emitido por: Organización Internacional del Trabajo.	Sobre los Servicios de Salud en el Trabajo	J. Organización de los primeros auxilios y de la atención de urgencia; K. Participación en el análisis de los accidentes del trabajo y de las enfermedades profesionales.
	Convenio Internacional C167 de 1988, Emitido por: Organización Internacional del Trabajo.	sobre seguridad y salud en la construcción	Art. 35. Cada Miembro deberá: A. Adoptar las medidas necesarias, incluido el establecimiento de sanciones y medidas correctivas apropiadas, para garantizar la aplicación efectiva de las disposiciones del presente Convenio; y B. Organizar servicios de inspección apropiados para supervisar la aplicación de las medidas que se adopten de conformidad con el Convenio y dotar a dichos servicios de los medios necesarios para realizar su tarea, o cerciorarse de que se llevan a cabo inspecciones adecuadas.
MARCO CONSTITUCIONAL	Constitución Política de Colombia 1991 - Asamblea Nacional Constituyente	Constitución Política de Colombia	Art. 2. Servir a la comunidad, promover la prosperidad general y garantizar la efectividad de los principios, derechos y deberes consagrados en la Constitución; ... Las autoridades de la República están instituidas para proteger a todas las personas residentes en Colombia, en su vida, honra, bienes, creencias, y demás derechos y libertades, y para asegurar el cumplimiento de los deberes sociales del Estado y de los particulares.
			Art. 209. La función administrativa está al servicio de los intereses generales y se desarrolla con fundamento en los principios de igualdad, moralidad, eficacia, economía, celeridad, imparcialidad y publicidad, mediante la descentralización, la delegación y la desconcentración de funciones. Las autoridades administrativas deben coordinar sus actuaciones para el adecuado cumplimiento de los fines del Estado. La administración pública, en todos sus órdenes, tendrá un control interno que se ejercerá en los términos que señale la ley.
MARCO CONSTITUCIONAL	Constitución Política de Colombia 1991 - Asamblea Nacional Constituyente	Constitución Política de Colombia	Art. 25. El trabajo es un derecho y una obligación social y goza, en todas sus modalidades, de la especial protección del Estado. Toda persona tiene derecho a un trabajo en condiciones dignas y justas.
			Art. 48. Se garantiza a todos los habitantes el derecho irrenunciable a la Seguridad Social. El Estado, con la participación de los particulares, ampliará progresivamente la cobertura de la Seguridad Social que comprenderá la prestación de los servicios en la forma que determine la Ley. La Seguridad Social podrá ser prestada por entidades públicas o privadas, de conformidad con la ley. No se podrán destinar ni utilizar los recursos de las instituciones de la Seguridad Social para fines diferentes a ella.

Fuente: Autores

Continuación Tabla I. Identificación del marco legal en: inspección del trabajo en Colombia y sistemas de riesgos laborales y de seguridad y salud en el trabajo.

IDENTIFICACIÓN DEL MARCO LEGAL			
	Norma Aplicable	Objetivo de la Norma	Requerimiento Específico
MARCO NORMATIVO	Ley 9 de 1979 - congreso de la República de Colombia	Medidas Sanitarias	Art. 80. Para preservar, conservar y mejorar la salud de los individuos en sus ocupaciones la presente Ley establece normas tendientes a: A. Prevenir todo daño para la salud de las personas, derivado de las condiciones de trabajo; B. Proteger a la persona contra los riesgos relacionados con agentes físicos, químicos, biológicos, orgánicos, mecánicos y otros que pueden afectar la salud individual o colectiva en los lugares de trabajo; C. Eliminar o controlar los agentes nocivos para la salud en los lugares de trabajo; D. Proteger la salud de los trabajadores y de la población contra los riesgos causados por las radiaciones; E. Proteger a los trabajadores y a la población contra los riesgos para la salud provenientes de la producción, almacenamiento, transporte, expendio, uso o disposición de sustancias peligrosas para la salud pública
	Resolución 1016 de 1989 - Ministerio de Trabajo y de Seguridad Social	Se reglamenta la organización y funcionamiento de los Programas de Salud Ocupacional	Art. 4. PARÁGRAFO 1: Los patronos o empleadores estarán obligados a destinar los recursos humanos, financieros y físicos indispensables para el desarrollo y cabal cumplimiento del programa de Salud Ocupacional en las empresas y lugares de trabajo, acorde con las actividades económicas que desarrollen, la magnitud y severidad de los riesgos profesionales y el número de trabajadores expuestos. PARÁGRAFO 2: Para el desarrollo del programa de Salud Ocupacional el empresario o patrono, designará una persona encargada de dirigir y coordinar las actividades que requiera su ejecución.
	Resolución 1016 de 1989 - Ministerio de Trabajo y de Seguridad Social	Se reglamenta la organización y funcionamiento de los Programas de Salud Ocupacional	Art. 17. Las autoridades competentes exigirán los programas de Salud Ocupacional, dentro de los siguientes términos establecidos de acuerdo con el número de trabajadores y contados a partir de la vigencia de la presente Resolución. Seis (6) meses para las empresas de cien (100) o más trabajadores. Doce (12) meses para las empresas de veinticinco (25) a noventa y nueve (99) trabajadores, inclusive. Dieciocho (18) meses para las empresas de menos de veinticinco (25) trabajadores.
	Ley 1562 de 2012 - Congreso de la República de Colombia	Se modifica el Sistema de Riesgos Laborales	Art. 17. Sanciones. El incumplimiento de los programas y normas de salud ocupacional y aquellas obligaciones propias del empleador, previstas en el SGRL, acarreará multa de hasta 500 SMMLV, graduales de acuerdo a la gravedad de la infracción y previo cumplimiento del debido proceso destinados al Fondo de Riesgos Laborales. En caso de reincidencia, se podrá ordenar la suspensión de actividades hasta por un término de 120 días o cierre definitivo de la empresa por parte de las Direcciones Territoriales del Ministerio de Trabajo. En caso de accidente que ocasione la muerte del trabajador donde se demuestre el incumplimiento de las normas de salud ocupacional, se impondrá multa entre 20 a 1.000 SMMLV destinados al Fondo de Riesgos Laborales; en caso de reincidencia, una vez verificadas las circunstancias, se podrá ordenar la suspensión de actividades o cierre definitivo de la empresa por parte de las Direcciones Territoriales del Ministerio de Trabajo, garantizando siempre el debido proceso.

Fuente: Autores

Continuación Tabla I. Identificación del marco legal en: inspección del trabajo en Colombia y sistemas de riesgos laborales y de seguridad y salud en el trabajo.

IDENTIFICACIÓN DEL MARCO LEGAL			
	Norma Aplicable	Objetivo de la Norma	Requerimiento Específico
MARCO NORMATIVO	Ley 1610 de 2013 - Congreso de la República de Colombia	Se regulan aspectos sobre las inspecciones del trabajo y los acuerdos de formalización laboral.	<p>Art. 3. Funciones Principales. Las Inspecciones del Trabajo y Seguridad Social tendrán las siguientes funciones principales:</p> <p>1. Función Preventiva: Que propende porque todas las normas de carácter sociolaboral se cumplan a cabalidad, adoptando medidas que garanticen los derechos del trabajo y eviten posibles conflictos entre empleadores y trabajadores.</p> <p>2. Función Coactiva o de Policía Administrativa: Como autoridades de policía del trabajo, la facultad coercitiva se refiere a la posibilidad de requerir o sancionar a los responsables de la inobservancia o violación de una norma del trabajo, aplicando siempre el principio de proporcionalidad.</p> <p>3. Función Conciliadora: Corresponde a estos funcionarios intervenir en la solución de los conflictos laborales de carácter individual y colectivo sometidos a su consideración, para agotamiento de la vía gubernativa y en aplicación del principio de economía y celeridad procesal.</p> <p>4. Función de mejoramiento de la normatividad laboral: Mediante la implementación de iniciativas que permitan superar los vacíos y las deficiencias procedimentales que se presentan en la aplicación de las disposiciones legales vigentes.</p> <p>5. Función de acompañamiento y garante del cumplimiento de las normas laborales del sistema general de riesgos laborales y de pensiones.</p>
	Resolución 6045 de 2014 - Ministerio de Trabajo	Plan Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo 2013 - 2021	

Fuente: Autores

Continuación Tabla I. Identificación del marco legal en: inspección del trabajo en Colombia y sistemas de riesgos laborales y de seguridad y salud en el trabajo.

IDENTIFICACIÓN DEL MARCO LEGAL			
	Norma Aplicable	Objetivo de la Norma	Requerimiento Específico
MARCO NORMATIVO	Decreto 1072 de 2015 - Presidente de la República de Colombia	Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo	ARTÍCULO 2.2.4.6.1. El presente capítulo tiene por objeto definir las directrices de obligatorio cumplimiento para implementar el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), que deben ser aplicadas por todos los empleadores públicos y privados, los contratantes de personal bajo modalidad de contrato civil, comercial o administrativo, las organizaciones de economía solidaria y del sector cooperativo, las empresas de servicios temporales y tener cobertura sobre los trabajadores dependientes, contratistas, trabajadores cooperados y los trabajadores en misión.
	Decreto 1072 de 2015 - Presidente de la República de Colombia	Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo	ARTÍCULO 2.2.4.6.37. Transición. Todos los empleadores públicos y privados, los contratantes de personal bajo cualquier modalidad de contrato civil, comercial o administrativo, organizaciones de economía solidaria y del sector cooperativo, así como las empresas de servicios temporales, deberán sustituir el Programa de Salud Ocupacional por el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), a partir del 1º de junio de 2017 y en dicha fecha, se debe dar inicio a la ejecución de manera progresiva, paulatina y sistemática.
	Decreto 1072 de 2015 - Presidente de la República de Colombia	Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo	ARTÍCULO 2.2.4.11.5. Criterio de proporcionalidad y razonabilidad para la cuantía de la sanción a los empleadores. Se establecen los criterios de proporcionalidad y razonabilidad, conforme al tamaño de la empresa de acuerdo a lo prescrito en el artículo 2º de la Ley 590 de 2000, modificado por el artículo 2º de la Ley 905 de 2004 y el artículo 51 de la Ley 1111 de 2006 y conforme a lo establecido en los artículos 13 y 30 de la Ley 1562 de 2012...
	Resolución 312 de 2019 - Ministerio del Trabajo	Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo	ARTÍCULO 25. Fases de adecuación, transición y aplicación para la implementación del Sistema de Gestión de SST con estándares Mínimos. Numeral 5: Inspección, Vigilancia y Control. Fase de verificación del cumplimiento de la normatividad vigente sobre el SG-SST. La efectúa a partir de noviembre de 2019, el Min. Trabajo conforme a los Estándares Mínimos establecidos en la presente Resolución.
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Inspecciones del Trabajo en Colombia</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">SGRL y SG-SST</div>			

Fuente: Autores

La siguiente etapa de la investigación, se desarrolló mediante una matriz de análisis documental, la cual, se denominó Matriz de Análisis Legal, en la que se introducen las disposiciones normativa identificadas, entre ellas se encuentra los Instrumentos Internacionales ratificados por Colombia, La constitución Política de Colombia, Leyes, Decretos y Resoluciones

en materia de la funcionalidad de Inspección, Vigilancia y Control de los Inspectores del Trabajo y Sistemas de Riesgos Laborales y de la Seguridad y Salud en el Trabajo, la cual cuenta con la identificación de variables que existe en lo reglado y el estudio de investigación, como se muestra en las Tablas II y III a continuación.

Tabla II. Matriz de análisis legal – Inspecciones del trabajo en Colombia.

MATRIZ DE ANÁLISIS LEGAL				
Norma Aplicable	Objetivo de la Norma	Dimensión	Organismos de Control y Vigilancia	Variable entre la norma y fenómeno de estudio
INSTRUMENTOS INTERNACIONALES				
Convenio Internacional C081 de 1947, Emitido por: Organización Internacional del Trabajo.	Sobre la Inspección del Trabajo	Garantizar el cumplimiento de las disposiciones normativas legales en materia laboral	Min. Trabajo	Es de vital importancia la cooperación de terceros en el ejercicio de actividades similares que garanticen el cumplimiento de normas en materia laboral; a pesar que el Min. De Trabajo cuenta con entidades adscritas y vinculadas, tales como: SENA, Colpensiones, Unidad Administrativa Especial de Organizaciones Solidarias, Superintendencia de Subsidio y Servicio Público de empleo, estas no ejercen actividades similares que permitan apoyar a las Direcciones Territoriales, razón por la cual, no se cuenta con la cobertura sostenible de los inspectores del trabajo para velar por el cumplimiento de las normas legales, específicamente en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo, objeto de estudio.
Convenio Internacional C167 de 1988, Emitido por: Organización Internacional del Trabajo.	sobre seguridad y salud en la construcción	Garantizar el cumplimiento de las disposiciones normativas legales en materia de seguridad y salud en el trabajo para el sector de la construcción y demás sectores exclusivos de alto riesgo	Min. Trabajo	El Instrumento Técnico Internacional promueve garantías para el sistema de Seguridad y Salud en la construcción, que a pesar de la funcionalidad de Inspección, Vigilancia y Control de los inspectores del trabajo, que se reflejan en las acciones de Función Policiva del Trabajo, no se cuenta con un desarrollo sostenible que garantice el cumplimiento normativo desde la función preventiva, siendo el sector de la construcción una actividad de alto riesgo, que tampoco se encuentra definido en el Decreto 2090 de 2003.

Fuente: Autores

Continuación. Tabla II. Matriz de análisis legal – Inspecciones del trabajo en Colombia.

Norma Aplicable	Objetivo de la Norma	Dimensión	Organismos de Control y Vigilancia	Variable entre la norma y fenómeno de estudio
MARCO CONSTITUCIONAL				
Constitución Política de Colombia 1991 - Asamblea Nacional Constituyente	Constitución Política de Colombia	A través de los organismos y autoridades competentes, se asegura el cumplimiento de los deberes sociales del estado y los particulares	Estado Colombiano	El Estado Colombiano es garante a la protección de principios, derechos y deberes sociales del Estado por medio de las autoridades públicas. Frente al fenómeno de estudio se evidencia la insuficiencia del recurso humano en el Min. de Trabajo, toda vez que, de los 26 inspectores del trabajo en Norte de Santander, les corresponde realizar funciones previsivas a 6 empresas diariamente por cada inspector, con base a las estadísticas realizadas en la investigación.
		El Estado Colombiano es garante de los principios de igualdad, moralidad, eficacia, economía, celeridad, imparcialidad y publicidad mediante los organismos y autoridades competentes.	Estado Colombiano	Es un deber de los inspectores del trabajo en Colombia, velar por el cumplimiento de las disposiciones normativas legales en materia laboral consagrado en la Ley 1610 de 2013, que, para el fenómeno de estudio, se pretende realizar un análisis de la aplicabilidad normativa Vs instrumentos internacionales, constitución Política de Colombia, Leyes, Decretos y Resoluciones en relación al Sistema de Gestión de Riesgos Laborales y Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo.
MARCO NORMATIVO				
Resolución 1016 de 1989 - Ministerio de Trabajo y de Seguridad Social	Se reglamenta la organización y funcionamiento de los Programas de Salud Ocupacional	Garantizar el cumplimiento de los Programas de la Salud Ocupacional a partir de septiembre de 1989.	Min. Trabajo	A partir de la Resolución 1016 de 1989, inicia el Régimen de Transición hasta la Resolución 312 de 2019, la cual, se fijan términos de cumplimiento, de acuerdo al número de trabajadores en las empresas que, para el estudio de investigación, se considera por una parte la flexibilidad del Estado para el cumplimiento de lo reglado; por la otra, la exigencia de la norma, sin contar con un plan estratégico estructurado para el cumplimiento de dicho sistema, debido a la insuficiencia formativa del mismo.
Ley 1562 de 2012 - Congreso de la República de Colombia	Se modifica el Sistema de Riesgos Laborales	Función coercitiva del Min de trabajo en caso de incumplimiento de normas en Seguridad y Salud Ocupacional	Min. Trabajo	la aplicabilidad de las sanciones prescritas en la presente Ley, es competencia del Min. Trabajo, función coercitiva que se realiza por la inobservancia o el incumplimiento de las normas laborales a los actores involucrados, que, frente al fenómeno de la investigación, se aplica por parte de los inspectores, como prueba de ello, se cuenta con el informe de Querellas Norte de Santander, la cual indica que durante los últimos 10 años se ha realizado 621 procedimientos administrativos sancionatorios, de los cuales, aún se encuentra activos 230 procesos.

Fuente: Autores

Continuación. Tabla II. Matriz de análisis legal – Inspecciones del trabajo en Colombia.

Norma Aplicable	Objetivo de la Norma	Dimensión	Organismos de Control y Vigilancia	Variable entre la norma y fenómeno de estudio
MARCO NORMATIVO				
Ley 1610 de 2013 - Congreso de la República de Colombia	Se regulan aspectos sobre las inspecciones del trabajo y los acuerdos de formalización laboral.	Aplicabilidad de las funciones de los inspectores del trabajo	Min. Trabajo	El Estado Colombiano es garante de la protección, derechos y deberes del conglomerado social mediante las autoridades públicas competentes, que para el presente artículo, se regula las funciones principales de los inspectores del trabajo. Frente al fenómeno de estudio se evidencia que Ministerio de Trabajo cumple eficazmente la función conciliadora y la función de autoridad policiva laboral como lo indica el informe denominado Querellas Norte de Santander, pero, frente a la función previsiva se denota la carencia de resultados, toda vez que, el departamento cuenta con 26 inspectores del trabajo para desarrollar sus funciones a más de 40.000 empresas inscritas formalmente en la Cámara de Comercio de Cúcuta.
Resolución 6045 de 2014 - Ministerio de Trabajo	Plan Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo 2013 - 2021	Garantizar el cumplimiento del Plan Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo 2013-2021	Min. Trabajo	El criterio de la función de Inspección, Vigilancia y Control del Ministerio de Trabajo, que para esta normativa se precisa como ente proporcionador de los lineamientos para el Seguimiento y Evaluación del Plan Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo 2013-2021.
		Generación de actividades para garantizar el cumplimiento de los objetivos trazados dentro del Plan Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo 2013-2021	Min. Trabajo	Dentro del Sistema General de Riesgos Laborales, los procesos de Inspección Vigilancia y Control por parte del Ministerio del Trabajo se encuentran inmersos dentro del Plan Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo 2013-2021, como parte del fortalecimiento del mismo.
Decreto 1072 de 2015 - Presidente de la República de Colombia	Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo	Criterio de proporcionalidad y razonabilidad para la cuantía de la sanción a los empleadores.	Min. Trabajo	El criterio de proporcionalidad y razonabilidad para la cuantía de la sanción a los actores involucrados por la inobservancia o transgresión de disposiciones normativas laborales, se verificó su cumplimiento de aplicabilidad de la norma sancionatoria como lo muestra el informe aportado por el Ministerio de Trabajo para el presente estudio de investigación.

Fuente: Autores

Tabla III. Matriz de Análisis Legal - Sistema de Riesgos Laborales y Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo.

Norma Aplicable	Objetivo de la Norma	Categoría	Dimensión	Organismos de Control y Vigilancia	Variable entre la norma y fenómeno de estudio
INSTRUMENTOS INTERNACIONALES					
Convenio Internacional C161 de 1985, Emitido por: Organización Internacional del Trabajo.	Sobre los Servicios de Salud en el Trabajo	Las ARL deberán asegurar el funcionamiento adecuado a los riesgos de las empresas para la salud de la población trabajadora	Asesoramiento permanente que garantice el cumplimiento del Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo	Administradoras de Riesgos Laborales	En relación al Convenio Internacional, las Administradoras de Riesgos laborales, hacen parte del campo de aplicación del Sistema de Riesgos Laborales y del Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo, la cual deberán brindar asesorías permanentes, asistencia y acompañamiento técnico para el diseño y ejecución del SG SST a las empresas; además, deben realizar actividades de promoción y prevención a las empresas de alto riesgo (IV y V) y empresas superiores a 50 trabajadores. Que, para el fenómeno de estudio, las ARL, cuentas con la prestación del servicio de Proveedores, corredor de seguros e Intermediarios para la realización de estas responsabilidades, sin embargo, no se logra la cobertura en empresa con riesgo I, II y III.
MARCO CONSTITUCIONAL					
Constitución Política de Colombia 1991 - Asamblea Nacional Constituyente	Constitución Política de Colombia	El trabajo es un derecho fundamental en el Estado Colombiano	El Estado Colombiano es garante de los derechos fundamentales, especialmente el trabajo en condiciones dignas y justas	Min. Trabajo	Le corresponde al Estado Colombiano velar por el cumplimiento del Régimen del Sector Trabajo y garantizar que se cumplan los derechos y principios mínimos fundamentales al trabajo mediante la autoridad pública competente, comprendida en la autoridad administrativa del Ministerio de Trabajo y de la autoridad de justicia por los jueces de la república

Fuente: Autores

Continuación. Tabla III. Matriz de Análisis Legal - Sistema de Riesgos Laborales y Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo.

Norma Aplicable	Objetivo de la Norma	Categoría	Dimensión	Organismos de Control y Vigilancia	Variable entre la norma y fenómeno de estudio
INSTRUMENTOS INTERNACIONALES					
MARCO CONSTITUCIONAL					
Constitución Política de Colombia 1991 - Asamblea Nacional Constituyente	Constitución Política de Colombia	La seguridad social es un derecho constitucional irrenunciable	La seguridad social integral es el pilar constitucional a que tienen el derecho el conglomerado social	Min. Trabajo - Min. De Salud y Protección Social	El Sistema General de Seguridad Social Integral es un derecho fundamental garantista al conglomerado social, especialmente la seguridad y salud de la población trabajadora en la que se debe proteger las condiciones de la salud mediante la promoción y prevención a cargo de las empresas y las prestaciones asistenciales y económicas de las Administradoras de Riesgos Laborales y Empresas Promotoras de la Salud; que frente al fenómeno de estudio, indica que el 44% de las empresas en Norte de Santander han afiliado a sus trabajadores al Sistema General de Riesgos Laborales a septiembre de 2019.
MARCO NORMATIVO					
Ley 9 de 1979 - congreso de la República de Colombia	Medidas Sanitarias	Preservar, Conservar y Mejoras la salud de los trabajadores	Garantizar la Salud y Seguridad de la población trabajadora promoviendo medidas de higiene y seguridad industrial.	Min. Trabajo	Desde 1950, mediante el Código Sustantivo del Trabajo, se ha creado disposiciones normativas de obligatorio cumplimiento a los empleadores en medidas de higiene y seguridad a sus trabajadores. En la actualidad existe una multiplicidad de normas que exigen el cumplimiento del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo, las cuales, no se cumplen en su totalidad, por cuanto, estas ha sido un mecanismo transitorio, y su determinante cumplimiento se incorporó a partir de la Resolución 312 de 2019.

Fuente: Autores

Continuación. Tabla III. Matriz de Análisis Legal - Sistema de Riesgos Laborales y Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo.

Norma Aplicable	Objetivo de la Norma	Categoría	Dimensión	Organismos de Control y Vigilancia	Variable entre la norma y fenómeno de estudio
MARCO NORMATIVO					
Resolución 1016 de 1989 - Ministerio de Trabajo y de Seguridad Social	Se reglamenta la organización y funcionamiento de los Programas de Salud Ocupacional	Obligatorio cumplimiento al desarrollo de los Programas de Salud Ocupacional a cargo de los empleadores del país	Garantizar la Salud y Seguridad de la población trabajadora promoviendo medidas de higiene y seguridad industrial.	Min. Trabajo	A partir de la presente Resolución, (1989), se pretendió la exigibilidad a todos los empleadores del país a dar cumplimiento a los Programas de Salud Ocupacional en forma permanente, organizacional y funcional; 23 años después, mediante la Ley 1562 de 2012 se sustituye la Salud ocupacional en SG SST, a hoy, no se ha logrado el total cumplimiento a la ejecución del sistema con efectos jurídicos que vulneran derechos laborales
Decreto 1072 de 2015 - Presidente de la República de Colombia	Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo	Obligatorio cumplimiento para todo tipo de empresas públicas y privadas, contratistas, empresas sin ánimo de lucro y empresas temporales en diseñar e implementar el SG SST	Garantías de seguridad y salud a la población trabajadora y tener cobertura del SG SST a los mismos.	Min. Trabajo	El propósito de la normativa es el deber de implementar y ejecutar el SG SST con una cobertura sobre toda la población trabajadora independientemente de su forma de contratación Vs al análisis de estudio carece de un desarrollo sostenible, toda vez que, su cobertura es insuficiente por cuanto a septiembre de 2019, en Norte de Santander, de 40,923 empresas inscritas formalmente en Cámara de Comercio, solo el 44% cuentan con las afiliaciones ante las ARL, sin contar con la certeza que se esté ejecutando dicho sistema como garantía de seguridad y salud a los trabajadores.
Decreto 1072 de 2015 - Presidente de la República de Colombia	Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo	Obligatorio cumplimiento para todo tipo de empresas públicas y privadas, contratistas, empresas sin ánimo de lucro y empresas temporales en diseñar e implementar el SG SST	Garantías de cumplimiento para la Implementación y Ejecución del SG SST	Min. Trabajo	Como se mencionó anteriormente, A partir de la Resolución 1016 de 1989, se pretendió la exigibilidad a todos los empleadores del país a dar cumplimiento al SG SST, con el presente Dto, se da continuidad al Régimen de Transición que no finiquita un cumplimiento coercitivo por la falta de un sistema estructurado que debió definir el estado colombiano.
Resolución 312 de 2019 - Ministerio del Trabajo	Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo	Inspección y vigilancia y control a cargo de los Inspectores del Trabajo	Garantías de cumplimiento para la Implementación y Ejecución del SG SST	Min. Trabajo	Es un deber de los inspectores del trabajo la velar por el cumplimiento de las disposiciones normativas del SG SST, mediante la función de inspección, vigilancia y control que para el estudio de la investigación, indica que se realiza una función coercitiva por querrela anónimas equivalente en el Norte de Santander, en 621 Procedimientos Administrativos Sancionatorios en el último decenio.

Fuente: Autores

Determinación de eficacia en la aplicabilidad de la norma en relación con la inspección, vigilancia y control ejecutada por el Ministerio de Trabajo.

Además de la identificación de un marco legal en materia de los sistemas de riesgos laborales y de la seguridad y salud en el trabajo e inspecciones del trabajo, se recolectó información y datos de fuentes conocidas, entre ellas, el Ministerio de Trabajo.

Asimismo, se contó con información virtual, en la que se logró datos estadísticos de la Cámara de Comercio de Cúcuta “Datacúcuta” [7] y reporte consolidado por las Administradoras de Riesgos Laborales, por departamento y por período año mediante información recolectada por la Federación de Aseguradores Colombianos-Fasecolda [8].

Con la información recolectada, se procedió por períodos 2017, 2018 y 2019 al reporte de empresas inscritas formalmente en la Cámara de Comercio de Cúcuta y el reporte de empresas afiliadas a las administradoras de riesgos laborales en el Norte de Santander, como se muestra a continuación:

A pesar el hay evasión del sistema, la Figura 2 interpreta la evolución de las afiliaciones al Sistema General de Riesgos Laborales, la cual ha incrementado en un 38.6% entre el período 2018 y 2019, lo que se evidencia aún, la insuficiencia de la actuación previsiva a cargo de los inspectores del Ministerio del Trabajo en la Dirección Territorial del Norte de Santander, toda vez que el deber ser, de cumplimiento a las garantías del sistema de riesgos laborales de la población trabajadora, no puede ser inferior al 100% de las empresas inscritas en Cámara de Comercio. Son menor las empresas afiliadas a las administradoras que las empresas registradas en la Cámara de Comercio de Cúcuta, es decir, que menos del 45% de las empresas registradas, se encuentran afiliadas al SGRL.

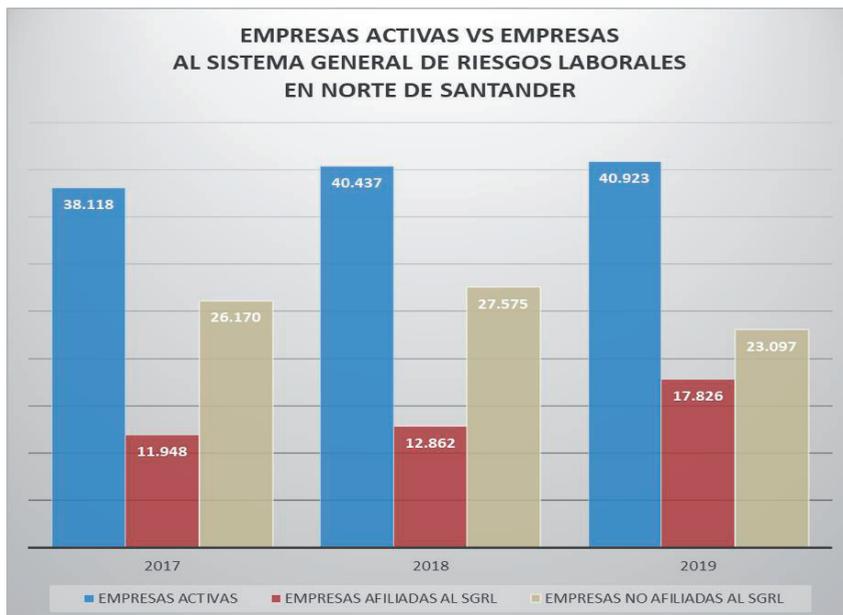


Figura 2. Análisis Estadístico de Cobertura de las empresas al Sistema General de Riesgos Laborales.

Fuente: Autores

En la Figura 3, se identifica la cobertura del Sistema de Riesgos Laborales y la evasión de las empresas en el departamento Norte de Santander.

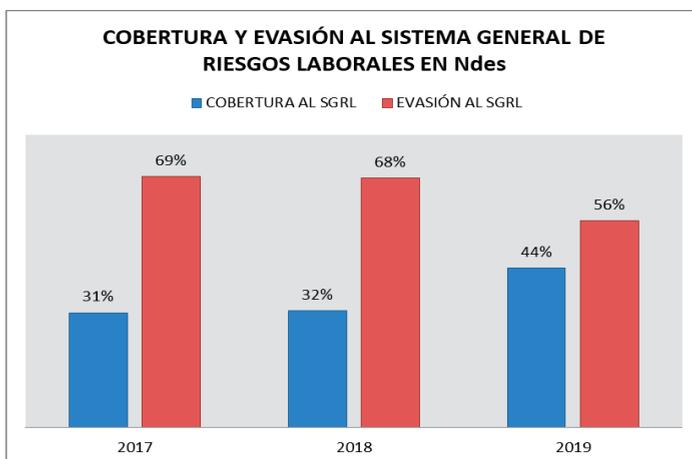


Figura 3. Cobertura y evasión del Sistema General de Riesgos Laborales.

Fuente: Autores

Establecimiento de las brechas y obstáculos para la aplicación de las funciones sustanciales de Inspección, Vigilancia y Control del Ministerio de Trabajo.

Con los anteriores resultados se establece las brechas y los obstáculos para la eficacia de las actuaciones del Ministerio del Trabajo de la Territorial Norte de Santander, en la que se muestran los siguientes extremos:

El 69% de las 38.118 empresas activas en el período 2017 son evasoras del Sistema General de Riesgos Laborales; similarmente se evidencia en el período 2018, equivalente a un 68% y el en 2019, son evasoras del SGRL el 56% de las 40.923 empresas inscritas en Cámara de Comercio de Cúcuta, es decir que la cobertura al sistema es inferior al total de las empresas activas, en lo que puede causar una afectación al sistema financiero de estas administradoras, y asimismo, se vulneran los derechos laborales a la población trabajadora desprotegida por los actores evasores.

Si bien es cierto, que el Ministerio de Trabajo cuenta con la efectividad de la función conciliadora y de la función policiva laboral, en esta última se observa un indicador de resultados eficaz, toda vez que, han sancionado a aquellos actores involucrados por inobservancia y trasgresión a las normas laborales, como lo muestra el documento “Querellas Norte de Santander” el cual indica que en el último decenio han realizado 621 procedimientos administrativos sancionatorios, de los cuales 230 procesos se encuentra activos; en los 3 últimos años se han presentado 115 sanciones por incumplimiento de las normas de seguridad y salud en el trabajo, que comprende: 30 sanciones en el 2017, 27 en el 2018 y 58 en el 2019; mientras que la función preventiva, muestra un indicador de resultados insuficiente, por cuanto, son mayores los actores evasores del Sistema que aquellos cumplidores del régimen del trabajo.

En la Figura 4, se evidencia la responsabilidad del inspector del trabajo por una población determinada que, para el desarrollo de la investigación, se incorporó la población trabajadora del Norte de Santander, sin medir la población total activa; lo que se concluye en que el inspector deberá realizar visitas de inspección por cada 30 trabajadores por días hábiles laborados.

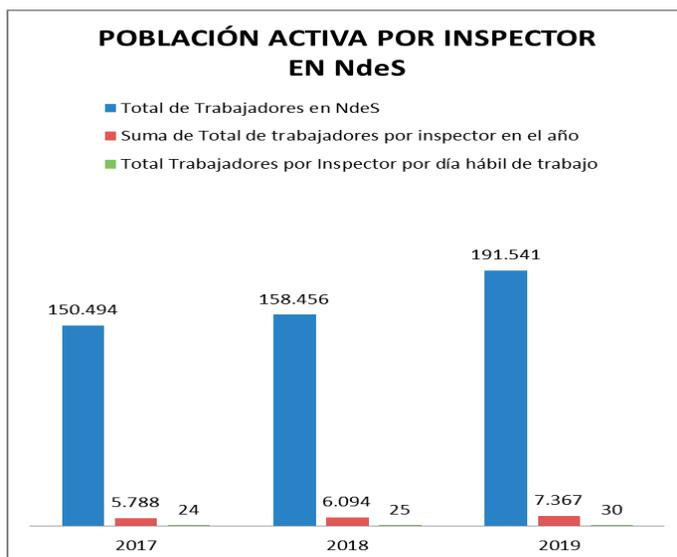


Figura 4. Población activa por cada inspector del trabajo en Norte de Santander.

Fuente: Autores

En conclusión, los inspectores del trabajo son eficientes en unas de las funciones determinadas en la Ley 1610 de 2013[4], pero, es ineficaz la función previsiva, es decir, que las disposiciones normativas aplicables al Ministerio del Trabajo en la Dirección Territorial Norte de Santander, no cuenta con la eficacia en la función principal de inspección, vigilancia y control.

Con base a los resultados obtenidos en la investigación, se abrió un espacio para la revisión y el análisis de aspectos claves dentro del tema de estudio, las cuales en su mayoría corroboraron afirmaciones que se plasman a continuación:

Un aspecto relevante de la legislación colombiana ha sido la formulación, diseño, decreto y publicación de diversas leyes, normas, procedimientos, entre otras, sin embargo “muchas de las preceptivas de los años primigenios de la seguridad social no se alejan en demasía de aquello que se presenta como contemporáneo y más avanzado” [9]. Debido a que en materia laboral el Estado Colombiano ha tenido inmerso el objetivo de fomentar

una cultura de prevención y protección de la población trabajadora, tal como se pudo evidenciar en la Matriz de Análisis Normativa diseñadas en este documento.

No obstante, es preciso mencionar que “el empleo informal en Colombia no ha estado en el centro del debate político y normativo para dignificarlo, en búsqueda de alternativas tales que garanticen el acceso al Sistema General de Seguridad Social en pleno” [10]. Por tanto, queda un amplio escenario para contemplar la función del Estado colombiano como garante de la seguridad social no tan solo de los trabajadores vinculados a las empresas formalmente constituidas sino también de los que hacen parte del sector informal.

A su vez “es necesario también que los entes gubernamentales en unión con la Academia realicen estudios para medir el impacto real de los mecanismos de protección del trabajador informal” [11]. En razón a las estrategias y metas que se plantearon dentro del Plan Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo 2013-2021, que a la presente fecha ya debe contar con una serie resultados y avances de las gestiones ejecutadas vs las planeadas.

Es pertinente mencionar que desde la Ley 1562 del 2012 [12], se modificó el termino de Programa de Salud Ocupacional por Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo, según [13] la gestión de la seguridad y salud en el trabajo (GSST) encuentra su espacio más apropiado para desarrollarse, ya que se interesa por resolver diferentes problemas de prevención dentro del contexto socioeconómico y organizacional del trabajo.

Sin embargo, hoy día es claro que ha transcurrido el tiempo y en nuestro país no se tienen estadísticas definidas del porcentaje de cumplimiento de dicho sistema, a pesar de haberse denotado los actores responsables, su obligatoriedad en el diseño e implementación del mismo y de haberse establecido plazos, por lo tanto es necesario hacer seguimiento a sus indicadores en términos de progresos y de resultados para alimentar las acciones futuras en SST [14].

Dentro de la amplia gama de aspectos que abarca el Sistema General de Riesgos Laborales, la práctica de la prevención es uno de los principales

objetivos al que deben apuntar todos los actores dentro del mismo, no tan solo por los beneficios asistenciales y económicos que nos brinda su cobertura sino por la gestión a nivel administrativo y organizacional. Por consiguiente [13] afirma que esta práctica esté incorporada e integrada realmente en la gestión estratégica de las organizaciones. Lo cierto es que más del 50% de las organizaciones o empresas legalmente constituidas en nuestro departamento Norte de Santander no actúan según esta premisa, ya que evaden directamente su afiliación obligatoria al sistema.

Con respecto a los evasores del Sistema General de Riesgos Laborales y de quienes no han diseñado e implementado el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo en Norte de Santander, es claro que su conducta actúa en contravención a una cultura preventiva, pues lo cierto es que, aun hoy en día, los trabajadores pueden llegar a consentir laborar en condiciones deficientes y hasta indignas de seguridad [15].

Además es evidente que la crisis humanitaria y económica por la que atraviesa nuestro departamento fronterizo puede contribuir a que los incumplimientos normativos en materia de riesgos laborales aumenten, por la misma flexibilidad en los términos de cumplimiento que define las normas laborales, tales como el régimen de transición que permiten a los actores responsables dilatar la ejecución de los sistemas; lo que atribuye principalmente en la afectación al trabajador en las condiciones de la salud y laborales.

A pesar que, los nortesantandereanos tan solo cuenta con 26 inspectores, la ejecución de la función policiva laboral se realizaron 115 sanciones por incumplimiento de las normas de seguridad y salud en el trabajo en los 3 últimos años; es una realidad que muchos de los actores responsables solo actúan con el fin de evitar una multa o sanción y no ver afectado su factor económico, más que por la dignidad y el cuidado de la salud del ser humano que le está prestando un servicio desde el ámbito laboral, cabe mencionar la investigación llevada a cabo en Perú donde la sanción más común fue por el incumplimiento de implementar un sistema de gestión o no tener un reglamento de SST, que a su vez tuvo la mayor cantidad de trabajadores afectados [16].

Para el cierre de la discusión se trajo a colación dos estudios investigativos referentes al Sistema General de Riesgos Laborales y el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo, en relación a la siniestralidad y a las acciones de tutela por accidentes de trabajo y enfermedades laborales, respectivamente. En uno se pudo constatar que no es suficiente elaborar un marco normativo, como la Ley 776 de 2002, Ley 1562 de 2012 y Decreto 1072 de 2015 [17].

Puesto que se hace muy necesario que se ejecuten las funciones de los actores vinculados como responsables, en especial las que llevan consigo el controlar o verificar el cumplimiento de las mismas, lo cual [18] confirma que finalmente, se puede decir que la situación acá evidenciada desde los casos de tutela analizados por la Corte Constitucional, confirman el débil papel de las ARL y de las propias empresas en la labor de promoción y prevención en salud laboral, y del Ministerio del Trabajo en su labor de inspección, vigilancia y control en el tema de la seguridad y salud en el trabajo.

Conclusiones

Durante el desarrollo de la investigación, se pretendió identificar el marco normativo al cumplimiento de la funcionalidad de inspección, vigilancia y control de los inspectores del trabajo y el cumplimiento de las disposiciones normativas legales relativas a los sistemas de riesgos laborales y de la seguridad y salud en el trabajo en el departamento Norte de Santander, en la que se determinó la insuficiente eficacia de la aplicabilidad normativa.

Los resultados más importantes de la investigación se evidencian en la evasión del Sistema de Riesgos Laborales, toda vez que, la brecha equivale al 69%, 68% y 56% de los actores evasores en los últimos tres periodos años, lo cual muestra la insuficiente actuación de inspección, vigilancia y control de los inspectores del trabajo en Norte de Santander. Lo que se sintetiza en que, si hay evasión del sistema por los actores involucrados, refleja que tampoco se está cumpliendo con la implementación y ejecución del sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo.

Además, Nuestro departamento cuenta con tan solo 26 inspectores del trabajo, de los cuales, deben responder a una cobertura de más de 40.000 empresas, es decir, que para el período 2019, a cada inspector le correspondía 1.574 empresas; lo que conlleva, un deber de cada inspector cumplir con las funciones de inspección, vigilancia y control de 6 empresas diarias.

Las consecuencias que amerita el exiguo ejercicio de las funciones de inspección, vigilancia y control se basan principalmente en la carencia de los recursos humanos con que cuenta la Dirección Territorial del Norte de Santander, que no cumple con el número de inspectores exigidos por la Organización Internacional del Trabajo en la que nuestro país es un estado signatario, depende del total de la empresa activas y de la población trabajadora en un lugar determinado.

De las funciones de los inspectores del trabajo prescritas en el artículo 3° de la Ley 1610 de 2013, les corresponde, además, presentar informes anuales, apoyar la gestión de otras entidades, atender al ciudadano y trámites, por cuanto, su objetivo es identificar el concepto, requisitos y principios del ejercicio de la función de la inspección del Trabajo, como lo consagra el manual de funciones del inspector en Colombia.

Por lo anterior, es determinante que se diseñe y se establezca un plan de mejoramiento para el cumplimiento de aplicabilidad de las funciones de inspección, vigilancia y control, asimismo, velar por el cumplimiento de las disposiciones normativas en materia laboral; la cual, los autores de la presente investigación proponen estrategias de apoyo con instituciones de educación superior, que puedan contribuir en las actuaciones básicas del Ministerio del Trabajo y lograr un alcance eficiente en las responsabilidades de los inspectores del trabajo.

La presente investigación se concluye con la siguiente pregunta: ¿Será alcanzable la responsabilidad de los inspectores en actuaciones que garanticen velar por el cumplimiento de las disposiciones normativas del trabajo en Norte de Santander y proteger los derechos y deberes de la población trabajadora?

Referencias

- [1] Ministerio del trabajo. Decreto 1072. Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector trabajo, 2015.
- [2] Ministerio Del trabajo. Resolución 1111. Estándares mínimos del Sistema de Seguridad y Salud en el trabajo para empleadores y contratantes, 2017.
- [3] Ministerio Del trabajo. Resolución 312 de 2019. Estándares mínimos del Sistema de Seguridad y Salud en el trabajo para empleadores y contratantes, 2019.
- [4] Congreso de la República de Colombia. Ley 1610 de 2013, Por la cual se regulan algunos aspectos sobre las inspecciones del trabajo y los acuerdos de formalización laboral, 2013.
- [5] C. E. Molina, “La Inspección de Trabajo en Colombia”. Revista Latinoamericana de Derecho Social, no. 6, pp. 65-92, 2008.
- [6] J. L. Ugarte, “Inspección del Trabajo en Chile: Vicisitudes y Desafíos Revista Latinoamericana de Derecho Social”. Revista Latinoamericana de Derecho Social, no. 6, pp. 187-204, 2008.
- [7] Datacucuta. Histórico registro Mercantil, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.datacucuta.com/index.php/indicadores-regionales/registro-mercantil>
- [8] Federación de Aseguradores Colombianos. Reporte Consolidado por compañía, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://sistemas.fasecolda.com/rldatos/Reportes/xCompania.aspx>
- [9] J. M. Arango, J. E. Luna, Y. A. Correa, y A. C. Campos, “Marco Legal de los Riesgos Profesionales y la Salud Ocupacional en Colombia”. Revista Salud Pública, vol. 15, no. 3, pp. 354-365, 2013.
- [10] J. G. Ocampo, y M. O. Garzón, “El Sistema de Riesgos Laborales frente

al Trabajador del Sector Informal. Revista Opinión Jurídica Universidad de Medellín”. Revista Opinión Jurídica Universidad de Medellín, vol. 15, no. 30, pp. 183-204, 2016. Doi: 10.22395/ojum.v15n30a9.

[11] E. M. Vásquez, y E. Martínez, “Políticas Públicas en Seguridad Social para la Protección de los Trabajadores Informales en Colombia”. Revista Gerencia Política Salud, vol. 24, no. 12, pp. 87-98, 2013.

[12] Congreso de la República de Colombia, Ley 1562 de 2012. Por la cual se modifica el Sistema de Riesgos Laborales y se dictan otras disposiciones en materia de Salud Ocupacional, 2012.

[13] J. H. Molano, y N. Arévalo, “De la Salud Ocupacional a la Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo: más que semántica, una transformación del sistema general de riesgos laborales”. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales INNOVAR, no. 23, pp. 21-31, 2013.

[14] S. H. Torres, y M. I. Riaño, “La Política Pública de Seguridad y Salud en el Trabajo: El Caso Colombiano”. Revista Gerencia y Política de Salud, vol. 17, no. 35, pp. 1657-7027, 2018. Doi.org/10.11144/Javeriana.rgps17-35.ppps

[15] E. Oré, “Prevención de Riesgos Laborales y Derecho Penal”. Revista de la Facultad de Derecho, no. 81, pp. 197-225, 2018.

[16] CH. Mejía, E. Miraval, D. Quiñones, y R. Gomero, “Sanciones por Infracciones contra la Salud y Seguridad en el Trabajo en Empresas de Perú”. Revista Asociación Especialista Medicina del Trabajo, no. 24, pp. 149-157, 2015.

[17] D. E. Cuervo, y M. Moreno, “De la Siniestralidad en el Sistema de Riesgos Laborales Colombiano: Reflexiones desde la Academia”. Universitas, PP. 131-164, 2017. Doi:10.11144/Javeriana.vj135.assr

[18] M. Torres, y N. Torres, “Trabajo y Salud: La Corte Constitucional frente a la Tutela por Accidentes y Enfermedades Laborales”. Revista Salud Pública, vol. 19, no. 6, pp. 772-779, 2017.



**GUIA DE AUTORES
REVISTA DE INGENIERIAS
INTERFACES EDICIÓN 2018-1**

Luz Yannid Cortez Gómez
Lubdy Vega Pérez
Luz Amparo Reyes Cañas
Omar Oswaldo Bernal Cifuentes
Mary Alejandra Mendoza Pérez
Jennifer Andrea Peña Guio
Heder Alexander Sandoval Sanabria
Angélica Pérez Villamil
Eileen Nathalie Tejada Vargas

**GUIA DE AUTORES
REVISTA DE INGENIERIAS
INTERFACES EDICIÓN 2019-1**

Laura Angélica Quiroga Vargas
Karen Viviana Carrillo Rojas
Belcy Liliana Cárdenas Ramírez
Lorena Toloza Villamizar
María José Villamizar Novoa
Edith Camila Tarazona Castellanos
Isaura Mendoza Miranda
Marlyn Geraldine Albarracín García
Jesús Alexander Pinillos Villamizar
María Fernanda Jaimes Ramírez
Sindy Ortiz Ramírez

**GUIA DE AUTORES
REVISTA DE INGENIERIAS
INTERFACES EDICIÓN 2019-2**

Luis Alejandro Rincón Sanabria
Richard Omar Ruiz Velásquez
Eric Manuel Niño Pinilla
Darlin Daniela Correa Ocampo
Luz Adriana Orduz Contreras
Roger Fabricio Salazar Montaguth
Felipe Osorio Buitrago

**GUIA DE AUTORES
REVISTA DE INGENIERIAS
INTERFACES EDICIÓN 2020-1**

Jairo Iván Cañas Martínez
Nancy Pérez León
Andrea Vanessa Leal Pérez
Diana Carolina Diaz Bateca
Olga Paola Rolón Cárdenas
Robert Villamizar Toloza
Jhon Deivison Peñaranda Pabón
Edgar Alberto Torrado Montagut
Juan Vianney Arias Sánchez



EDICIÓN ANTERIOR

Contenido Revista de Ingenierías Interfaces Edición 2020, Vol. 3 (1):

Análisis de la conveniencia de sustitución de vehículos de combustión por tecnologías alternativas en el transporte público del área metropolitana de Cúcuta

Conveniencia de la inclusión de criterios de sostenibilidad en empresas constructoras de Cúcuta.

El Lean Construcción como estrategia de mejora continua en empresas dedicadas a la construcción de infraestructura vial en la ciudad de Cúcuta

Influencia de la metodología PERT/CPM en los proyectos de contratación estatal en el Norte de Santander.

Determinación del riesgo psicosocial y su afectación familiar y personal de los trabajadores de la IPS centro de formación el Rencuentro de la ciudad de Cúcuta