

REVISTA CIENTÍFICA
TECNOESCOM

CIENCIA, DOMINIO Y
VIGILANCIA



EDITORIAL

Es motivo de orgullo institucional ofrecer a la comunidad académica ESCOM, el quinto volumen de la Revista Científica TECNOESCOM, una publicación que confirma la formación científica de nuestros estudiantes y refleja el alto nivel de formación profesional de nuestro equipo docente.

En esta revista, elaborada con rigor en sus contenidos, se presentan temáticas que demuestran el compromiso universitario con el medio ambiente, la ciudadanía y la institución castrense, como lo es el Ejército; Fuerza que tiene como misión – entre otras - la defensa de la soberanía, la independencia y la integridad territorial, con el propósito de proteger a la población civil, para la consecución de la paz y el orden constitucional. En tal sentido, esta edición presenta un punto de encuentro en donde estudiantes y profesores socializan propuestas que aportan e impactan positivamente aquellas dimensiones que son parte inherente y fundamental para el desarrollo de la sociedad.

Invito entonces, desde estas líneas, a la lectura de los contenidos que encontrarán en la presente edición de la Revista TECNOESCOM, misma que está dividida en tres secciones: Artículos de investigación, que expone los resultados de estudios efectuados por estudiantes de los diferentes programas de pregrado y posgrado, quienes aportan y responden a necesidades reales de las comunidades rurales, la academia y la empresa; por otra parte, se encuentran los artículos de revisión bibliográfica, abordados con una visión crítica, argumentada en fuentes serias y reconocidas por la comunidad científica, además de propositivas, lo que aporta valor en el momento de resolver problemáticas afines a estas. Por último, se presentan los artículos producto de los semilleros de investigación, realizados a partir de un análisis certero y profundo en lo que atañe a tecnologías emergentes y de impacto social.

Reitero mi invitación a esgrimir con todo el alcance posible esta publicación que busca responder al compromiso institucional de fortalecer la formación científica de nuestros estudiantes, con la finalidad de crear cultura investigativa en la comunidad académica, y de ahí, escalar de forma incremental y progresiva hacia un modelo referente en procesos de investigación formativa, tecnológica, aplicada y modernizada, acorde con las exigencias del mundo actual.

“la estatura de la persona dentro de la Universidad, se juzga por la cantidad y calidad de la investigación producida” (*Comisión Boyer, 1998*)

Director de la Escuela de Comunicaciones
Teniente Coronel Edward Enrique Arévalo Ríos

Dirección General
Escuela de Comunicaciones Militares (ESCOM)

Teniente Coronel Edward Enrique Arévalo Ríos
Director Escuela de Comunicaciones

Mayor Ricardo Alonso Rincón Fonseca
Subdirector Escuela de Comunicaciones

Mayor Fabio Andrés López Tunjano
Inspector de Estudios

Subteniente Harold Álvarez Albonis
Oficial Centro de Investigación ESCOM

Ms. Adriana B. González Guerrero
Editora Revista TECNOESCOM CEINV – ESCOM

Equipo CEINV-ESCOM
Corrector de Estilo

MBA. Ing. Javier Enrique Tavera Guzmán
Esp. Yeison Alfonso Buitrago Rojas
Comité Evaluador

Esp. Yeferson Steven Barón Valbuena
Comité Técnico

OPS. Oscar Rojas
Diseño, Diagramación y Fotografía

Dirección: Carrera 5 Calle 15 - 00
Barrio Dos Caminos
Teléfono: 313 300 3799

“Prohibida su reproducción parcial o total sin autorización del Comité Editorial; las ideas y conceptos expresados en cada uno de los artículos publicados, pertenecen exclusivamente a sus autores y en ningún momento reflejan la postura oficial de la institución. Nos reservamos el derecho de publicar los artículos seleccionados por el Comité Evaluador”.

*Foto portada: prototipo para captación de niebla con monitoreo remoto para zonas con escasez de agua en Finca el Pino, Vereda el Chuscal, Municipio de Zipacón. Desarrollado por egresados del Programa Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones ESCOM: Ingeniero Sebastián David Gualteros Acero e Ingeniera María Alejandra Garzón Marín.

CONTENIDO

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

- Elaboración de Prototipo para Captación de Niebla con monitoreo remoto en zonas con escasez de agua, finca el pino, vereda el chuscal, municipio de Zipacón _____ 7
Sebastián David Gualteros Acero, María Alejandra Garzón Marín, MBA. Ing. Javier Enrique Tavera Guzmán
- Propuesta de un modelo de gestión para la etapa inicial de los proyectos de investigación formal con base en la Norma NTC 5801 en el CEINV ESCOM. _____ 17
Yeferson Steven Barón Valbuena, ST. Andrés Felipe Rojas Vanegas Luisa Fernanda Merchán Sánchez

ARTÍCULOS DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Cálculo de la potencia para un motor de silla de ruedas que permita el ascenso y descenso de escaleras para personas con movilidad reducida _____ 31
Yiandri Jimena Barajas Bustos, Carlos Alfonso Vargas Morales
- Revisión sistemática de literatura sobre la aplicación de visión artificial en dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual _____ 48
Julián David Rodríguez Peña
- Revisión sistemática de literatura sobre los sistemas de control de los semáforos inteligentes. _____ 60
Charles Stiwart Echeverria Chaparro

ARTÍCULOS DE SEMILLERO

- Redes comunitarias para la reducción de la brecha digital desde un enfoque político, de infraestructura y capital social _____ 72
Esteffy Andrea Peña Zuluagas, Esp. César Yesid Barahona
- La evolución de los drones: una perspectiva histórica _____ 89
Freddy Martínez Bernal, Alejandro Perdomo, Paula Sánchez

PRESENTACIÓN REVISTA CIENTÍFICA TECNOESCOM

La revista Científica **TECNOESCOM**, es una publicación editada por la Escuela de Comunicaciones Militares del Ejército Nacional de Colombia, Centro de Investigación (CEINV), que presenta las investigaciones en diferentes áreas de impacto realizadas bajo la dirección académica de la institución, con el propósito de divulgar y contribuir a la extensión del pensamiento científico e investigativo.

PRESENTATION SCIENTIFIC JOURNAL TECNOESCOM

The scientific journal **TECNOESCOM**, is a publication edited by the School of Military Communications of the National Army of Colombia, Research Center (CEINV), which presents research in different areas of impact conducted under the academic direction of the institution, in order to disseminate and contribute to the extension of research and scientific study.

Elaboración de Prototipo para Captación de Niebla con monitoreo remoto en zonas con escasez de agua, finca el pino, vereda el chuscal, municipio de Zipacón.

Sebastián David Gualteros Acero
Sebastian.gualteros@ofix.com.co.
Representante de servicio al cliente

María Alejandra Garzón Marín
maria@larogroup.co.
Jefe de proyectos y servicios LAROGROUP

MBA. Ing. Javier Enrique Tavera Guzmán
javier.tavera@escom.edu.co
Asesor Educación Militar ESCOM

1. Artículos de Investigación

RESUMEN: Existen diversas técnicas en donde hay colección de agua de manera natural, como por ejemplo, la vegetación en general y la lluvia; además también se usan tecnologías apropiadas para que la colección sea más efectiva que los entornos sin intervención.

Partiendo que, según la constitución política colombiana, todos deben tener acceso al agua, y teniendo en cuenta que existen zonas de difícil acceso con escasez de este líquido, es necesario buscar medios alternos para satisfacer las necesidades básicas de quienes habitan en ellas.

Con base en esta necesidad, la presente investigación propone la colección de microgotas de agua, en zonas en donde ésta es limitada, pero que cuenta con altos niveles de humedad y baja temperatura, lo cual permite su condensación con el apoyo de materiales resistentes y adecuados para esta actividad, como lo es la malla Raschell, que a su vez constituye un híbrido funcional con electrónica de potencia, digital, automatización e IoT.

La teoría que se presenta como base para el presente estudio es, entre otras, programación en Python, modelos matemáticos para el diseño de tarjetas electrónicas en Easyeda y envío de datos de forma inalámbrica por Thinspeak.

Con esta investigación, se logró la condensación de microgotas por medio de la estructura tridimensional fabricada con motorreductor monofásico, circuito con contactores y sensor híbrido de temperatura y humedad, teniendo como propósito recolectar agua y monitorizar las condiciones medio ambientales en la Vereda el Chuscal, Zipacón.

Palabras clave: Contactores, Estructura tridimensional, Humedad, Temperatura, ThingSpeak.

ABSTRACT - There are several techniques where there is natural water collection, such as general vegetation and rainfall, and appropriate technologies are also used to make collection more effective than non-intervention environments.

everyone should have access to water, and taking into account that there are areas of difficult access with scarcity of this liquid, it is necessary to seek alternative means to meet the basic needs of those who live in them.

Based on this need, this research proposes the collection of microdrops of water in areas where it is limited, but with high levels of humidity and low temperature, which allows its condensation with the support of resistant and suitable materials for this activity, such as Raschell mesh, which in turn constitutes a functional hybrid with power electronics, digital, automation and IoT.

The theory presented as the basis for this study is, among others, programming in Python, mathematical models for the design of electronic cards in Easyeda and sending data wirelessly by Thinspeak.

With this research was achieved the condensation of microdroplets through the three-dimensional structure made with single-phase geared motor, circuit contactors and hybrid sensor temperature and humidity, with the purpose of collecting water and monitor environmental conditions in the Vereda el Chuscal Zipacón.

Keywords: Contactors, Three-dimensional structure, Humidity, Temperature, ThingSpeak.

I. INTRODUCCIÓN

La problemática de la falta de agua a nivel mundial, es un tema comúnmente conocido a raíz del incremento poblacional y el mal manejo del líquido; éste ha ido escaseando en zonas con grandes ciudades y contaminando el medio ambiente por desechos nocivos. A partir de esto, se crea una cadena de problemáticas ambientales que se ven resumidas en sequías, contaminación y desperdicio excesivo de agua que empeoran el medio y forma de vida para las personas a nivel mundial [1].

Según [2], el agua es un elemento imprescindible para el desarrollo sostenible, así como para el sostenimiento socioeconómico, la producción, la energía y el mantenimiento de los ecosistemas saludables. La supervivencia de los seres humanos depende de la disponibilidad del agua, la cual se presenta como un derecho fundamental de los mismos.

Uno de los problemas existentes, es la falta de accesibilidad al agua en zonas que, pese a ser ricas en recursos hídricos, no disponen de los medios o los sistemas de captación adecuados para el aprovechamiento de dichos bienes. Ello ha favorecido la búsqueda de nuevas formas de obtención de agua y una de estas es la captación a través de la niebla [3].

Por lo descrito anteriormente, el objetivo de la investigación consiste en crear un sistema capaz de coleccionar agua a partir de la condensación de gotas provenientes de la niebla, en un colector tridimensional contruido con malla Rashell, el cual repose en un soporte idóneo que realice un giro automático y el posterior envío de información a una plataforma web.

La postura teórica en la cual se apoya el presente estudio es, entre otros, programación en Python, modelo matemático para el diseño de tarjetas electrónicas en Easyeda y envío de datos de forma inalámbrica por Thingspeak.

II. ESTADO DEL ARTE

Las referencias que a continuación se describen,

fueron tomadas como base, con el fin de sustentar, y aún más, regir el presente estudio de modo que las consideraciones hechas por ellos fueran capaces de evitar complicaciones o ineficiencia para el caso actual. Por lo anterior, se procede a enmarcar los estudios nacionales e internacionales de atrapaniebla.

A. Nacional

En la tesis titulada "Estudio de prefactibilidad para la posible implementación de atrapanieblas en el municipio de Ráquira" [4] de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas ubicada en Colombia, expone: En el municipio de Ráquira ubicado en Colombia, se realizó un estudio de prefactibilidad, en el cual se evidencia un análisis técnico, económico, ambiental y social para la utilización de agua de neblina, ya que ésta se presenta como alternativa para el consumo humano en lugares donde no hay fuentes hídricas considerables. Lo anterior, reafirmando los estudios en los cuales está basado el presente documento y por lo cual su aplicabilidad es reconocida como fuente de agua en diferentes lugares del mundo.

En efecto, los primeros países que instalaron atrapanieblas para abastecer las distintas actividades de la población en América Latina, fueron Chile, Perú y Bolivia, por lo que se hace importante analizar las variables que incidieron en la aplicación de este sistema en cada país, alterando las condiciones sociales y ambientales y, de ese modo, determinar la viabilidad de su implementación en Colombia.

En la tesis titulada "Medición de la condensación de lluvia horizontal con tres estructuras: el caso del municipio de Zipacón (Cundinamarca, Colombia)" [5] de la Universidad de La Salle ubicada en Colombia, expone:

Este estudio se realizó para medir la eficiencia de tres estructuras con formas naturales y su influencia en la captación de niebla; la primera, simula la copa del pino de un árbol; la segunda, recrea un domo geodésico, en donde se efectuó la toma de mediciones diarias del agua recolectada por cada estructura durante 10 meses. Finalmente, se evaluó la forma tipo pantalla que es la

mayormente reconocida y además, la más usada.

Esta investigación, arrojó como resultado que el domo geodésico obtuvo 1,64 ml al día y el árbol recolectó 1,94 ml al día, teniendo como comparativo la forma con estructura convencional "tipo pantalla" que recolectó 0.97 ml en el mismo período de tiempo.

En esta tesis se consideró un tema vital para la investigación, que influye en la eficiencia del mismo, el cual consiste en la forma que tenga el atrapaniebla, así como el material con el cual está construido el captador relacionando directamente la cantidad de agua recolectada.

Con base en esta premisa, cuando la forma es natural y cumple con varios niveles haciendo que pase la neblina a través de él, se extrae de mejor forma las gotas de agua; de acuerdo con lo anterior se tiene como conclusión, que el atrapaniebla tipo pantalla es muy ineficiente teniendo en cuenta las etapas de filtrado.

B. Internacional

En la tesis titulada "Evaluación de dos prototipos de atrapanieblas de diseño Low Tech en base a su eficiencia de captación para aprovechar el recurso hídrico en San Pablo en el 2018, Cajamarca" [6] de la Universidad Privada del Norte ubicada en Perú, expone:

Se han hecho estudios para diseñar la malla más eficiente modificando su área; en este trabajo de estudiantes de la Universidad Privada del Norte, diseñaron dos prototipos en donde uno de ellos pudo recolectar 1.2 L de agua y el otro 0.7 L por día. Esto se debió a su tamaño, ya que entre mayor sea el área usada podrá cubrir una mayor cantidad de la neblina presente.

Aunque lo anterior pareciera una afirmación obvia, en realidad es una variable bastante importante para el estudio y que en el trabajo ya se considera bastante útil; aunque el prototipo no capte tanta agua, debe entrar a considerar que, al aumentar el área de cubrimiento, de igual manera será la captación final. Según lo anterior, se deduce que en

diferentes medidas la aplicación de estos sistemas asegura eficiencia completa.

En la tesis titulada "Captación de niebla como fuente de agua en el Distrito de Las Minas, región de Azuero: Caso de estudio Distrito de las Minas" [7] de la Universidad Tecnológica de Panamá, ubicada en este país, expone:

Se diseñó un atrapaniebla como fuente alternativa de colección y abastecimiento de agua con base en un diseño sostenible; ésta usaba una estructura de bajo costo de instalación para recolectar agua sin agotar recursos económicos; así, fue enfocada hacia una estructura especial para su desplazamiento, siendo implementada en zonas con un gran potencial agropecuario pero que se ve afectada por épocas de sequía, de modo que limita la seguridad alimenticia del país.

Los mecanismos de atrapaniebla tienen instalación y funcionamiento sencillo en concordancia con el gran apoyo que les brindan a las personas que viven en zonas con condiciones ambientales adversas, además de ser posible la medida en la que se influye positivamente de acuerdo con la cantidad de recurso económico que se le invierte; este caso es un ejemplo de que con uso de material de bajo costo, fue posible implementar un sistema que las beneficia inmediatamente y a futuro.

III. METODOLOGÍA

El marco metodológico de una investigación según la Universidad Católica de Cuenca Ecuador [8], es el conjunto de acciones destinadas a describir y analizar el fondo del problema planteado, a través de procedimientos específicos que incluyen las técnicas de observación y recolección de datos, determinando el "cómo" se realizará el estudio. Por lo anterior, se presentará el caso del presente proyecto determinando las técnicas y herramientas para su desarrollo.

A. Paradigma

Según Ricoy: "El paradigma positivista se califica como cuantitativo, empírico-analítico, racionalista, sistemático gerencial

y científico tecnológico. Por tanto, este paradigma sustentará a la investigación que tenga como objetivo comprobar una hipótesis por medios estadísticos o determinar los parámetros de una determinada variable mediante la expresión numérica” [9].

De igual manera, se empleará el paradigma hermenéutico o cualitativo, porque este observa, descubre, explica y predice aquello que lo lleva a un conocimiento sistemático de la realidad; con esto el investigador trata de interpretar los fenómenos con base en los significados que las personas y el entorno le otorgan [10].

Bajo este paradigma, se espera obtener la información de la comunidad implicada en el estudio y por medio de la observación del entorno a estudiar, ya que de esta forma es posible interpretar factores que inciden en la colección de niebla y así determinar su factibilidad en el entorno.

B. Diseño

Se aplica la investigación cuasiexperimental, como “aquella en la que existe una exposición, una respuesta y una hipótesis para contrastar, pero no hay aleatorización de los grupos de tratamiento y control, o bien no existe grupo control propiamente dicho” [11].

Contrastando con lo anterior, en este estudio es necesario tomar dos puntos claves conforme al diseño, ya que se escogió el grupo al cual se le realiza el estudio y, además, durante el desarrollo influyen variables en las cuales no se puede influir, como por ejemplo, el viento; de esta forma se relaciona una variable independiente sobre una dependiente y así, se determinará el porqué de un comportamiento.

C. Tipo

Tiene como base el tipo exploratorio, ya que este se enfoca en explorar el entorno de aplicación, el problema por el cual se genera y desprender cada uno de los factores que inciden en el estudio [12]. Los captadores de niebla se han usado en variedad de entornos y diferentes medios; la complicación es que al desarrollarse de forma únicamente artesanal, no se tiene

un registro investigativo en donde se estudiaron en las complicaciones tenidas en esos casos.

También, contrastando que por el lugar de estudio van a afectar variables que en primera instancia fueron despreciables y así mismo, afectarán los datos obtenidos. Además, también se ve relacionado con el tipo de investigación experimental, ya que el objetivo para este, es descubrir el por qué del fenómeno [13].

Dado todo lo anterior, es importante tener claro el grupo de control que, para el presente caso, hace referencia a la variedad de atrapanieblas que no han implementado soluciones tecnológicas o estructuras que puedan brindar una mejor solución, como por ejemplo, el colector tipo pantalla o piramidal. Y, posteriormente, este relaciona calidad, mejoramiento del proceso y efectividad con el tratamiento experimental.

D. Enfoque

Según Tashakkori “El enfoque mixto puede ser comprendido como un proceso que recolecta, analiza y vierte datos cuantitativos y cualitativos, en un mismo estudio” [14].

Es necesaria la consideración de los ítems tanto cualitativos como cuantitativos, con el fin de garantizar una mejor interpretación de la situación, comprendiendo desde varios puntos de vista el modo de ejecución y comprobación de los datos presentes en el proyecto de investigación referente al Colector en Zipacón.

E. Método

Para una mayor comprensión de los métodos inductivo y deductivos, según Gladys en su tesis titulada “El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales” [15], los define de la siguiente manera:

A. Método Deductivo:

Todos los mamíferos tienen pulmones.
Todos los conejos son mamíferos.
Por lo tanto, todos los conejos tienen pulmones.

B. Método Inductivo:

Todos los conejos que fueron observados tienen pulmones. Por lo tanto, todos los conejos tienen pulmones.

En relación con lo anterior, el enfoque cualitativo está directamente relacionado con el método inductivo y a su vez, el cuantitativo con el método deductivo. Por lo cual, al integrar un enfoque mixto para la investigación, es indispensable entrar a verificar la relación que pueda existir y la consideración de las variables dependientes e independientes del estudio.

F. Universo

Según [16], el universo de una investigación corresponde al “conjunto de elementos –personas, objetos, sistemas, sucesos, entre otros– finitos e infinitos, a los pertenece la población y la muestra de estudio en estrecha relación con las variables y el fragmento problemático de la realidad, que es materia de investigación”.

El lugar de aplicación para el presente estudio serán los municipios de la región Sabana de Occidente con piso térmico frío, debido a que es necesario, se cuente con altos niveles de humedad y bajas temperaturas, lo cual es propicio para la condensación de gotas del ambiente.

G. Población

Conforme a [17], se define como el conjunto de personas y objetos de los cuales se desea conocer algo en una investigación.

A raíz de la delimitación de la población a evaluar, se da la posibilidad de elegir una población de piso térmico frío, por lo cual es elegido el municipio de Zipacón y conforme a sus condiciones climáticas, presenta un ambiente propicio para el proyecto de investigación.

H. Muestra

Es el subconjunto que parte de la población a evaluar, el cual puede obtenerse por medio de la delimitación hecha por

el universo y la población del análisis [17].

La población presente en Zipacón, la zona con mayor adaptación al lugar de aplicación y mayor viabilidad, determina como muestra, la vereda el Chuscal de este municipio, la cual tiene poca hora solar pico y bajas temperaturas durante la mayoría del tiempo.

I. Técnicas

Entrevista: Utilizará un modelo cualitativo para realizar la interpretación de la información arrojada al medio de estudio.

Ficha: en relación con la ficha técnica, se realizará un seguimiento semanal que a partir de las mediciones se anexarán en un formato establecido.

Además, para la contextualización del desarrollo tecnológico, se presenta en seguida la entrevista realizada a la química Cielo Montiel, colaboradora de diferentes proyectos atrapaniebla, con el fin de establecer los resultados obtenidos a partir de su experiencia.

Esta entrevista estuvo conformada por tres preguntas que dieron una visión general y la cual fue tomada en cuenta para el desarrollo del documento. A continuación, se transcribe la misma:

¿Por medio de qué materiales ha realizado la colección de agua?

Respuesta: Se han colocado mallas, mismas que chocan contra la niebla haciendo que precipite entonces por la malla y una canal recoge el agua que va a un tanque. Los métodos, hay unos que llevan la pared con tela, tela plastificada, en cambio otra fue con malla y otras fueron en canales de guadua otros también hicieron con botellas, cubren con botellas y allí llega la nube y precipita en la pared y cae en la botella.

Conforme a lo anterior, ¿En cuáles ha tenido una mayor eficiencia en relación equipo vs costo? Respuesta: Todos han sido tipo pantalla, malla y otros también paredes; esta casa por ejemplo, es un atrapaniebla ya que choca y colocaron canales y se va el agua y se lleva a un tanque, pero pues

no se ha cuantificado el tiempo ni las horas no.

En estos desarrollos, ¿Ha implementado sistemas electrónicos para monitorizar dichos captadores?

Respuesta: Ninguno, es rudimentaria la cuantificación ha sido por los tanques en metros cúbicos, nada electrónico.

IV. RESULTADOS

A continuación, se evidencia cada uno de los procesos realizados con el fin de cumplir con el propósito de la presente investigación.

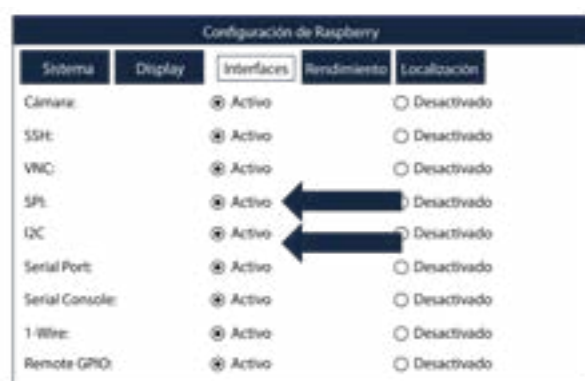
Primeramente, se podrá verificar el paso a paso para la configuración del microprocesador, en comparación con los sensores a usar, códigos necesarios para el acoplamiento de equipos y finalmente, el muestreo de los datos obtenidos en el intervalo de tiempo.

A. Configuración microprocesador

En las fases iniciales, se hace la instalación del sistema operativo en las Raspberry Pi, lo cual es ejecutado por medio de la descarga en un pendrive que sea booteable, así, al ser conectado en un puerto USB, este puede ejecutarse correctamente e iniciar con la customización.

Se realiza la instalación de librerías, de modo que sea posible la comunicación a los sensores de manera serial e I2C de acuerdo al caso; lo anterior se logra con la activación de las respectivas características como se evidencia en la figura 1.

Figura 1. Activación comunicación I2C y SPI.



Fuente: Propia.

Para que estos cambios se puedan aplicar sin problema, es necesario reiniciar el dispositivo luego del cambio de características.

B. Comparativa entre sensores

En el estudio se requiere de la medición de temperatura, humedad y velocidad del viento; es necesario entrar a deliberar qué equipo es más favorable en las categorías de modo de uso, margen de error y costo. Por lo anterior, se procede a hacer las siguientes comparativas:

TABLA 1: Sensor humedad

Sensor humedad	AM2315	DHT11
Sistema de comunicación	I2C	I2C
Resolución	0.1%	1%
	16 bit	8 bits
Accuracy	±2	±4
	25°C	25°C
Repeatability	±2	±1
Exchange	Completely interchangeable	
Response	< 5sg	10sg
Precio	90.000 COP	8.000 COP

Fuente: Propia

Analizando la tabla 1, se llega a la conclusión de que el sensor de humedad AM2315, tiene un menor rango de desfase, y a pesar de que tiene un costo bastante considerable, es más eficiente por lo cual se opta por este.

TABLA 2: Sensor de temperatura.

Sensor Temperatura	AM2315	DHT11
Sistema de comunicación	I2C	I2C
Resolución	0.1°C	1°C
	16 bit	8 bits
Accuracy	±0.1° C	±1° C
Repeatability	±0.2° C	±1° C
Exchange	Completely interchangeable	
Response	< 5sg	6sg
Precio	90.000 COP	8.000 COP

Fuente: Propia

Poniendo a prueba las mismas características, se hace la elección de sensor de temperatura, el cual de igual forma apunta al AM2315 híbrido, y como en la categoría de humedad, también gana al ser un equipo industrial para lo cual se procede a su utilización.

TABLA 3: Sensor velocidad del viento.

Sensor de velocidad del viento	JL-FS2	UT363
Sistema de comunicación	Análogo	N/A
Inicio de la velocidad del viento	0,4-0,8 m/s	1 m/s
Resolución	0,1 m/s	0,1 m/s
Rango de medición efectivo	0-30 m/s	0-30 m/s
Error del sistema	±3%	±2%
Distancia de transmisión	no más de 8 metros	N/A
Medio de transmisión	transmisión por cable	Display propio
Precio	250.000 COP	96.000 COP

Fuente: Propia

Para realizar el seguimiento de la velocidad del viento, se consideran los sensores JL-F52 y el UT363. En la tabla 3, se evidencia que los sensores cuentan con propiedades similares, pero en unos de los ítems más importantes, que es el sistema de comunicación, el sensor UT363 no cuenta con un sistema integrado de transmisión de datos. Por lo que el sensor JL-F52, es el seleccionado para el presente proyecto, el cual cuenta con transmisión de datos análogos y con unas propiedades aceptables.

C. Códigos aplicados para la obtención de datos y calibración de los equipos.

El siguiente paso del proceso, trata la realización de las conexiones respectivas al microprocesador para luego por medio de los códigos respectivos, hacer posible el acoplamiento y comunicación unilaterial para su posterior envío a la plataforma Thinspeak. En la figura 2, se observa el código realizado para la conexión de la interfaz periférica serial SPI.

Figura 2. Código fuente para lectura SPI.

```
from spidev import SpiDev

class MCP3008:
    def __init__(self, bus = 0, device = 0):
        self.bus, self.device = bus, device
        self.spi = SpiDev()
        self.open()
        self.spi.max_speed_hz = 1000000 # 1MHz

    def open(self):
        self.spi.open(self.bus, self.device)
        self.spi.max_speed_hz = 1000000 # 1MHz

    def read(self, channel = 0):
        adc = self.spi.xfer2([1, (8 + channel) << 4, 0])
        data = ((adc[1] & 3) << 8) + adc[2]
        return data

    def close(self):
        self.spi.close()
```

Para la anterior lectura, es necesario agregar la librería del integrado MCP3008 para contar con la conversión ADC requerida, ante lo cual se realiza la importación, en la figura 3.

Figura 3. Importación de librerías.

```
import time # importan librerías necesarias
import board
import adafruit_am2320
import requests
#from MCP3008 import MCP3008

while True:
    i2c = board.I2C() # iniciación de la lectura i2c
    #adc = MCP3008() # iniciación de fichero
    am = adafruit_am2320.AM2320(i2c)
    temp = am.temperature #lectura de datos
```

Finalmente, en la figura 4 se hace la inicialización del código fuente para la lectura de datos de temperatura, humedad, velocidad del viento y nivel de agua.

Figura 4. Visualización de variables.

```

hum=an.relative_humidity+6.0 #lectura de datos
value = adc.read( channel = 0 ) #lectura de datos
volataje= value*(3.3/1023.0)*1.5
vien=volataje*6
value2 = adc.read( channel = 1 ) #lectura de datos
volataje2=value2*(3.3/1023.0)
level=volataje2*1.009
print( "Temperature: ", temp) # visualizacion de los datos en la terminal
print ( "Humidity: ", hum)
print ( "wind speed: ", vien) # visualizacion de los datos en la terminal
print("level",level)
    
```

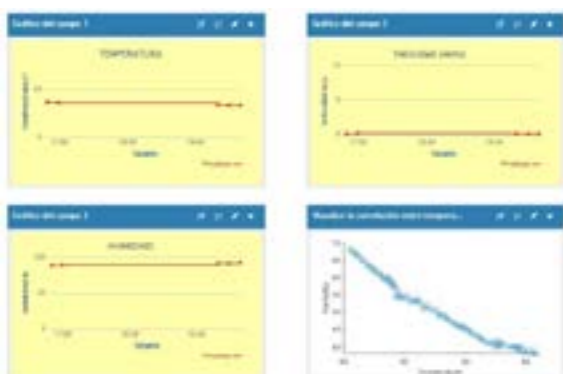
Como resultado final, se hacen las respectivas comparaciones de obtención de datos luego de la calibración, obteniendo un desfase de ± 2 puntos en temperatura y humedad, -1 punto en velocidad del viento; lo anterior se muestra en la figura 5

Figura 5. Seguimiento de variables.

MEDICAMENTO VARIABLES		TEMP °C		HUMEDAD %		VELOCIDAD VIENTO km/h	
PAGINA	USUARIO	TEMP °C	HUMEDAD %	VELOCIDAD VIENTO km/h	USUARIO	TEMP °C	HUMEDAD %
1	ADMINISTRADOR	13.2	85.3	0.083996774	1	13.2	85.3
2	ADMINISTRADOR	13.2	85.3	0.083996774	2	13.2	85.3
3	ADMINISTRADOR	13.2	85.3	0.083996774	3	13.2	85.3
4	ADMINISTRADOR	13.2	85.3	0.083996774	4	13.2	85.3
5	ADMINISTRADOR	13.2	85.3	0.083996774	5	13.2	85.3
6	ADMINISTRADOR	13.2	85.3	0.083996774	6	13.2	85.3
7	ADMINISTRADOR	13.2	85.3	0.083996774	7	13.2	85.3
8	ADMINISTRADOR	13.2	85.3	0.083996774	8	13.2	85.3
9	ADMINISTRADOR	13.2	85.3	0.083996774	9	13.2	85.3
10	ADMINISTRADOR	13.2	85.3	0.083996774	10	13.2	85.3

Posterior a esto, se añaden las claves de comunicación al código fuente de modo que el aplicativo Thinspeak se capacite para realizar el seguimiento y graficar su comportamiento, como se ve en la figura 6.

Figura 6. Graficación en aplicativo Web



En el siguiente apartado se realiza el diseño estructural y adaptación tanto física como electrónica, para que de acuerdo con un pulso sea posible el posicionamiento automático del mismo.

Para llegar al resultado de la figura 8, fue necesaria la

adaptación de un rin, perfiles metálicos y concreto para que la parte física, la cual pesa aproximadamente 25 kg, no se incruste en la tierra y posteriormente, impida la rotación en su propio eje. Se realizaron 3 etapas fundamentales de prueba en las cuales se evalúa, la resistividad de los materiales, impermeabilidad de los mismos y conservación por medio de pinturas.

Se realiza el acople de motor 110V de 6 polos, el cual fue adaptado al presente proyecto, haciendo una reducción tanto física como electrónica, para que en el momento de giro este sea lo suficientemente lento de modo que no seque la humedad presente en las cerdas de la polisombra o malla Rashell.

Luego, se inicia la relación entre el motor y el reductor, realizando los cálculos matemáticos que confirmen lo visto en el captador final. Las RPM se fijan en 1200, que permiten una reducción mecánica con factor de relación 40:1, verificado por medio de la etiqueta del mismo y verificación de encendido.

Se asegura todo este montaje con la instalación de una base de control que contenga el mecanismo necesario para su giro automático.

Por último, se logran las revoluciones finales, luego del reductor a 30 por minuto y, aunque es considerable la disminución de velocidad obtenida, aún no es lo suficiente para que el colector no seque la humedad presente en la malla cuando haga el giro automático. Por lo que se procede a implementar un juego de poleas para que mecánicamente sea posible que las RPM sean menores. Conforme con lo aprendido, se tiene una polea motriz, la cual corresponde a la conexión directamente al motor, y la polea arrastrada que es para este caso, es la conectada al colector de microgotas, y que la relación abordada aumenta la fuerza y reduzca proporcionalmente la velocidad, que es el objetivo para este caso.

Como resultado final, se obtiene que el prototipo va a girar a 6RPM.

Contando finalmente con la velocidad final de giro, se procede a realizar las respectivas pruebas del circuito electrónico, que está conformado por microcontrolador, relevadores y contactor para

enviar los pulsos de información al motor.

Figura 7. Captador de microgotas.

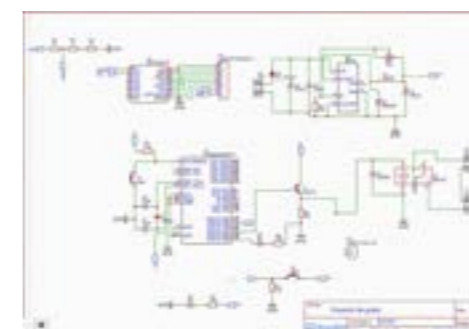


Teniendo finalmente el acoplamiento mecánico, el cual permite tener la estructura final como se ve en la figura 7, se procede a la formalización del circuito electrónico en un diseño de esquemático y luego la conversión a PCB.

Posteriormente, se tiene el conversor ADC, circuito Buck, microcontrolador Atmega 328p, salida digital para final de carrera y circuito de potencia de relevadores y contactores de 110V.

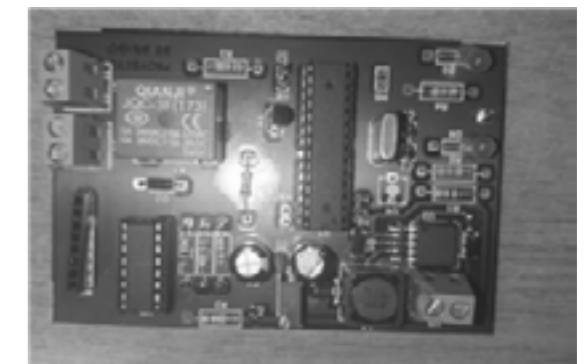
De esto, se representa el esquemático en la figura 8.

Figura 8. Esquemático.



Se obtiene como resultado final, la PCB terminada con todas las normativas en cuanto a separación de pistas, capas de serigrafía y resistividad para poder circular 25A.

Figura 9. PCB final.



Conforme con lo establecido en la metodología, se anexa la ficha de observación experimental (Figura 10), en donde está la comparación de variables medio ambientales con la colección de agua y el mecanismo convencional o tipo pantalla y el colector diseñado anteriormente:

Fig 10. Ficha diligenciada.

FICHA DE OBSERVACIÓN EXPERIMENTAL: Acumulador de microgotas con sistema electrónico de monitoreo remoto					
OBJETIVO: Realizar seguimiento sobre el funcionamiento del prototipo acumulador de microgotas vs al mecanismo convencional					
ELABORADO: Sebastian Guzman y Alejandra Garcia					
Fecha de muestra	Mecanismo	Temperatura	Humedad	Velocidad del viento	Agua recolectada litro
10/10/2021	convencional	13.2	85.3	0.083996774	0.80
10/10/2021	Prototipo	13.2	85.3	0.083996774	1.70
1/11/2021	convencional	13.2	85.1	0.083996774	0.50
1/11/2021	Prototipo	13.1	85.1	0.083996774	0.90
2/11/2021	convencional	13.2	80.9	0.076246334	0.60
2/11/2021	Prototipo	13.2	80.9	0.076246334	1.50
3/11/2021	convencional	13.4	84	0.076246334	0.70
3/11/2021	Prototipo	13.4	84	0.076246334	1.60

En la anterior figura, se observa la considerable mejoría en la colección de agua, lo cual es el objetivo del presente proyecto.

V. CONCLUSIONES

Se logró diseñar e implementar un prototipo para captación de niebla con monitoreo remoto, que mejora las condiciones de colección de microgotas, estando en la capacidad de aportar agua a las comunidades ubicadas en zonas de difícil acceso, con escasez de este líquido, y de esta manera, lograr suplir sus necesidades básicas.

Se diseñó el acumulador de microgotas tridimensional, el cual se posiciona estratégicamente por medio de un sensor de dirección de viento, con ayuda de un motorreductor monofásico; con lo anterior se aumenta significativamente la colección de microgotas del ambiente, cerca de 0,90 litros por día.

A través de la calibración, registro y tratamiento de datos realizado, con ayuda del anemómetro elegido y los sensores de temperatura y humedad, se logró un menor rango de error en comparación con dispositivos de gama similar.

Se realizó la verificación del funcionamiento del prototipo electrónico, el cual cuantifica, registra y envía la información tanto ambiental como del agua recolectada al aplicativo Thinkspeak, con una actualización cada 15min conforme al almacenamiento dispuesto en el aplicativo.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] A. c. Español, Artist, Escasez de agua en el mundo: causas y consecuencias.. [Art]. Agencia de la ONU para los refugiados, 2019.

[2] L. ONU, Artist, Agua. [Art]. Organización de las Naciones Unidas (ONU).

[3] J. T. O. P. O. M. Ana Bautista, Artist, La humedad atmosférica como fuente opcional de agua para uso doméstico. [Art]. Agrociencia [Online], Abril-Mayo 2011.

[4] J. P. H. y. P. A. Molina, Artist, Estudio de Prefactibilidad para la Posible Implementación de Atrapanieblas en el Municipio de Ráquira. [Art]. Universidad Francisco José de Caldas, 2016.

[5] C. G. Myriam Cardenas, «Repository uSallista» 2019. [En línea]. Available: <http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/pl/article/view/2070/210210392>.

[6] E. R. S. R. Bazán Correa, Artist, Evaluación de dos prototipos de atrapanieblas de diseño Low Tech en base a su eficiencia de captación para aprovechar el recurso hídrico en San Pablo en el 2018, Cajamarca. [Art]. Universidad Privada del

Norte, 2020.

[7] R. A. R. J. A. O. P. Manaen Esteban Bobadilla Caballero, Artist, Captación de niebla como fuente alternativa de agua, Caso de estudio Distrito Las Minas. [Art]. Universidad Tecnológica de Panamá, 2021.

[8] Á. E. A. Azuero, «Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de», Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA, vol. IV, nº 8, p. 18, 2019.

[9] D. S. Ocampo, «Investigalia», 22 09 2020. [En línea]. Available: <https://investigaliacr.com/investigacion/el-enfoque-mixto-de-investigacion/>.

[10] G. D. Newman, «El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales», Laurus, Revista de Investigación, Caracas, Venezuela, 2006.

[11] C. A. Ramos, «Los paradigmas de la investigación científica», Unife, vol. 1, p. 9, 2015.

[12] S. C. G. M. C. T. A. O. M. P. Juan Alvarez, «Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo», 2007. [En línea]. Available: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/tlahuelilpan/n3/e2.html>.

[13] «Universidad de Jaen», [En línea]. Available: http://www.ujaen.es/investiga/tics_tfg/estu_cuasi.html. [Último acceso: 02 Junio 2021].

[14] M. E-nquest, «E-nquest», 23 02 2021. [En línea]. Available: <https://www.e-nquest.com/por-que-es-importante-investigacion-exploratoria/>.

[15] «SurveyMonkey», 2021. [En línea]. Available: <https://es.surveymonkey.com/mp/que-es-la-investigacion-experimental/#!>.

[16] P. Luis, «Scielo Bolivia», 2004. [En línea]. Available: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012. [Último acceso: 10 10 2021].

[17] E. M. Galindo, «Blogspot», 17 08 2013. [En línea]. Available: <https://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com/2013/08/que-es-el-universo.html>. [Último acceso: 10 10 2021].

Propuesta de un modelo de gestión para la etapa inicial de los proyectos de investigación formal con base en la Norma NTC 5801 en el CEINV ESCOM.

Yeferson Steven Barón Valbuena
yefersonbaronvalbuena@cedoc.edu.co
Asesor Técnico Ciencia y Tecnología
CEINV-ESCOM

ST. Andrés Felipe Rojas Vanegas
andresrojasvanegas@cedoc.edu.co
Oficial Calidad Académica ESCOM

Luisa Fernanda Merchán Sánchez
luisamerchansanchez@cedoc.edu.co
Coordinadora de Ciberseguridad

RESUMEN: Actualmente la innovación juega un papel importante y diferenciador en la concepción y generación de proyectos, la innovación permite que a partir de una serie de criterios establecidos que ayuden al desarrollo de propuestas formales de investigación y a través de parámetros como la vigilancia tecnológica, la prospectiva, la inteligencia competitiva, la creatividad y la idea. bancos, se cimenta un correcto inicio y sostenibilidad de los procesos asociados a las actividades de investigación, desarrollo e innovación (I+D+I). El presente proyecto será de tipo proyectivo y cualitativo, ya que busca proponer un modelo que permita dar solución a un problema o necesidad práctica en un área particular del conocimiento y partiendo de un análisis previo de elementos con la finalidad de fortalecer la proyección de la Centro de Investigación de la ESCOM a nivel de propuestas para convocatorias de Ciencia y Tecnología.

El Proyecto de Investigación que se presenta a través de este documento, busca proponer una mejora al actual proceso de gestión de proyectos de investigación enfocados en I+D+i del Centro de Investigación de la Escuela de Señales del Ejército de Colombia a través de un procedimiento eficiente y orientado en la Norma Técnica Colombiana. ICONTEC 5801:2018; tendiendo a la maximización de la exploración y desarrollo de la investigación formal.

Palabras clave: Centro de Investigación ESCOM, Fase Exploratoria, Gestión Estratégica, Norma NTC 5801, Procesos de Innovación.

ABSTRACT - Currently, innovation plays an important and differentiating role in the conception and generation of projects, innovation allows that from a series of established criteria that help the development of formal research proposals and through parameters such as technology watch,

foresight, competitive intelligence, creativity and idea banks, a correct start and sustainability of processes associated with research, development, and innovation (R+D+I) activities is cemented. The present project will be of a projective and qualitative type, since it seeks to propose a model that allows solving a problem or practical need in a particular area of knowledge and starting from a previous analysis of elements with the purpose of strengthening the projection of the ESCOM's Research Center at the level of proposals for Science and Technology calls.

The Research Project presented through this document, seeks to propose an improvement to the current process of management of research projects focused on R+D+i of the Research Center of the Colombian Army Signal School through an efficient and oriented procedure in the Colombian Technical Standard ICONTEC 5801:2018; tending to the maximization of exploration and formal research development.

Keywords: ESCOM Research Center, Exploratory Phase, Strategic Management, Standard NTC 5801, Innovation Processes.

I. INTRODUCCIÓN

En el marco de los procesos de mejora continua y eficiencia de las organizaciones académicas, empresariales, militares y gubernamentales, cada día toma más fuerza la inclusión de la investigación, desarrollo e innovación; estas parten de la adopción de nuevos conocimientos y exploración enfocados en permitir su crecimiento dentro del mercado competitivo, agregando una propuesta de valor a su misionalidad.

Por consiguiente, en el contexto académico e investigativo que cumple el Cen

tro de Investigación de la ESCOM, el generar nuevo conocimiento para mejorar un conjunto de procesos y potencializar el desarrollo de bancos de ideas y crear propuestas de investigación que incluyan los pilares de la Norma NTC 5801:2018 (Investigación, Desarrollo e Innovación), brindará un dinamismo significativo, lo que garantizará una alta calidad en los procesos de gestión y ejecución.

A su vez, la gestión, administración, control de los procesos de investigación, desarrollo, innovación y producción tecnológica (encaminadas a solucionar necesidades planteadas en las líneas de investigación de los programas de formación, cuyo propósito es generar proyectos y productos dentro del Centro de Investigación de la ESCOM), garantizan por medio de su trabajo, el fortalecimiento de grupos y proyectos de investigación que fomentan la etapa inicial continua y la construcción permanente de una comunidad académica e investigativa militar y civil que proyecta a la Escuela de Comunicaciones en los contextos militar, social, económico, productivo, académico y científico, como una entidad innovadora y transformadora de su entorno.

Acorde con lo anteriormente expuesto, los objetivos y lineamientos del CEINV de la ESCOM, señalan la necesidad de proponer un procedimiento de gestión eficiente para el desarrollo de proyectos orientados hacia la I+D+i, aplicando la Norma Técnica Colombiana NTC 5801:2018, que servirá como guía orientadora en la estructuración, conceptualización, diseño y socialización de la propuesta del modelo de gestión por medio de unos entregables, a partir de lo cual se dará respuesta a los objetivos planteados.

A.Contexto y Planteamiento del problema de investigación.

A continuación, se expondrá brevemente el contexto y planteamiento de problema para el desarrollo de la propuesta de modelo de gestión aplicable al CEINV, en materia de innovación e investigación formal.

La inversión económica entre los años 2011

a 2021 en procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i), tuvo un crecimiento del 19%, generado por las dos potencias económicas mundiales: China y Estados Unidos. Sin embargo, en el caso de Latinoamérica, no se llega al 1% del Producto Interno Bruto y solamente el 8% de las empresas en Latinoamérica invierten en I+D+i, repercutiendo en la baja inversión en capital humano, tecnológico, económico y de conocimiento, en el momento de desarrollar estrategias que permitan tanto a las empresas como a los diferentes sectores sociales, ampliar su participación en el mercado competitivo [1]. En el caso colombiano, para el año 2019 se ocupó el puesto 57 a nivel mundial, en el Índice de Competitividad, con una variación porcentual del 1.79%, lo cual, si bien es una cifra positiva, es inferior en comparación con otros países a nivel mundial y en Latinoamérica, posicionando al país debajo de Chile (33), México (48) y Uruguay (54) [2].

A su vez [3], la innovación es la pieza central entre el desarrollo empresarial y el crecimiento económico, que genera la mejora, el dinamismo y la optimización de procesos productivos. Desde esta perspectiva, se evidencia la existencia de un déficit en Colombia, relacionada con el fomento o la práctica de actividades de I+D+i, a partir del mínimo aprovechamiento de las diversas capacidades que se encuentran en el país. Para hacer valer lo mencionado, es imperante promover la producción de ciencia, tecnología y desarrollo de conocimiento en los diferentes Centros de Investigación, por cuanto se subraya la falta de apoyo por parte de entidades gubernamentales que faciliten la sustentabilidad, sostenibilidad, adquisición de tecnología externa y aplicación de normas que aporten a la gestión de políticas necesarias, pertinentes y acordes con los exponenciales cambios tecnológicos presentes en los últimos años.

Con el fin de contextualizar el escenario del presente artículo, enmarcado en la Escuela de Comunicaciones Militares, ESCOM, ésta cuenta con un Centro de Investigación en el cual se llevan a cabo diferentes procesos de ciencia y tecnología, mismos que son orientados hacia proyectos de educación formal y formativa, que deben cumplir con diferentes actividades asignadas y a su vez, reportadas a los entes

superiores, como lo son el Centro de Educación Militar y el Comando de Educación y Doctrina.

Para el desarrollo de dichas actividades, se debe delegar cada función al personal que labora internamente, mediante un modelo para el cumplimiento de metas por área de trabajo; no obstante, se han encontrado vacíos en la etapa de inicio para el desarrollo de proyectos de I+D+i, que deben ser mitigados con el propósito de cumplir de manera más precisa y ágil con los objetivos misionales de la Dependencia y de esta forma, estandarizar y optimizar los procesos preliminares, lo cual conllevará a un avance más fluido y dinámico de los proyectos a ofertar.

Es por esto que se plantea proponer un modelo de gestión que abarque los procesos de desarrollo tecnológico iniciales, orientados por los lineamientos de la Norma NTC 5801:2018, que permitan maximizar la capacidad exploratoria e investigativa frente a la generación, evaluación, análisis y desarrollo de proyectos que impacten positivamente a la Fuerza y además, que resuelvan situaciones puntuales requeridas por la sociedad, en beneficio de la nación.

De esta forma, se busca dar soluciones a las diferentes problemáticas que se pueden generar en la institución castrense, que apunten a la producción científica, innovación y generación de conocimiento.

Por otra parte, se percibe que el proceso de gestión de los proyectos de I+D+i en el CEINV, no es eficiente en el momento de proponer ideas recurrentes que puedan ser tenidas en cuenta para las convocatorias en las cuales se participa. Lo anterior, puede generar renuencia para llevar a cabo la ejecución de los mencionados proyectos, pérdida de oportunidades de participación y agilidad en el desarrollo de iniciativas de investigación.

Por tanto, es importante proponer un modelo de gestión para el desarrollo de la fase inicial de los proyectos de investigación formal del CEINV basado en la Norma NTC 5801:2018; para cumplir este objetivo, se presenta una serie de objetivos específicos orientados a la realización del análisis situacional del CEINV,

análisis de los parámetros de la Norma NTC 5801:2018 aplicables a los procesos de investigación e innovación y un planteamiento del modelo de gestión aplicado a la fase inicial de la investigación formal que se desarrolla en esta Dependencia perteneciente a la ESCOM.

Esta propuesta de modelo de gestión que se desarrolló, permitirá la sugerencia de nuevas ideas, herramientas y recomendaciones para futuros estudios y actividades que puedan desarrollarse dentro de la ESCOM y proyectarse hacia los diferentes Centros de Investigación académicos y militares del Ejército, los cuales estarán a disposición de los gerentes de estos centros. De esta forma, se potenciará un proceso previo a las propuestas de investigación, con base en la implementación de herramientas propias de la NTC 5801:2018 como son: prospectiva, vigilancia tecnológica y banco de ideas, mismas que surgirán a partir del capital humano con el que cuenta la Escuela de Comunicaciones en aras de potenciar los procesos de I+D+i del Centro de Investigación.

B.Marco conceptual

1)Centro de Investigación ESCOM

El Centro de Investigación de la Escuela de Comunicaciones, fue creado como una unidad adscrita a la inspección de Estudios en el año 2009, con el propósito de dedicar su labor a la generación y difusión del conocimiento científico útil. Su función principal, consiste en el desarrollo de proyectos de investigación científica, socialmente relevante, tecnológicamente pertinente, requeridos para el fortalecimiento del avance y uso de la tecnología, fundamental para el desarrollo del Ejército y del Arma de Comunicaciones [4]. El CEINV se organiza de forma jerárquica para cumplir con el Sistema de Ciencia y Tecnología del Ejército, como lo indica la figura número 1.

Figura 1. Estructura del Centro de Investigación



2) Etapa Inicial.

Para la definición de la etapa inicial, se debe tener en cuenta que, la misma se puede desglosar de dos formas: La primera etapa, se define como: dar cuenta de cada uno de los estados consecutivos que presenta un fenómeno que se modifica y cambia, o en su defecto, se desarrolla [5]. Por otro lado, la segunda forma, se define como un tema que no ha sido estudiado antes o permite conocer aspectos nuevos de conocimientos ya existentes. Después de haber hecho esta contextualización, se puede sintetizar que la etapa inicial se configura como determinados lapsos o tiempos en los cuales se puede llegar a ejecutar un proyecto dependiendo de su madurez, investigación y profundización. Se debe tener presente que la exploración preliminar es un antecedente que aporta a la formulación y presentación formal de una idea de proyecto.

3) Procesos de Innovación.

Se define como un proceso o producto mejorado o su combinación y que difiere del producto anterior o proceso introducido previamente. Las actividades de innovación se derivan de actividades que involucran conocimientos existentes o desarrollados de forma reciente y la aplicación teórico-práctica de estos [6].

Para generar las actividades de innovación, se debe partir de la obtención de conocimiento por medio de actividades, tales como:

- * Actividades de Investigación y Desarrollo (I+D).
- * Actividades de ingeniería, diseño y otros trabajos creativos.
- * Actividades de marketing e imagen de marca.
- * Actividades relacionadas con la Propiedad Intelectual.
- * Actividades de entrenamiento y formación a empleados.
- * Actividades de desarrollo de software y de bases de datos.
- * Actividades relacionadas con la adquisición o leasing de activos tangibles.
- * Actividades de gestión de la innovación.

4) Norma NTC 5801:2018.

Las Normas Técnicas Colombianas "NTC", son normas expedidas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, que por medio del Decreto 2269 de 1993 [7], se indica que fue creado como una entidad de carácter privado para brindar soporte, desarrollo al productor y protección al consumidor; que además, es reconocido por el Gobierno Nacional para elaborar, adoptar y publicar estas normas.

La NTC es un producto de ICONTEC, que tiene por finalidad, normalizar dentro de Colombia algún tema o asunto en específico. ICONTEC, como única entidad privada reconocida por el Gobierno de Colombia, establece lineamientos o guías que se aplicarán dentro del territorio nacional [8]. La Norma Técnica Colombiana 5801:2018, sobre Sistemas de Gestión para la Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i), expedida por ICONTEC estandarizan y proporcionan directrices que establecen los requisitos establecidos en un sistema de gestión determinado para las actividades de I+D+i, en el aseguramiento de actividades de generación de conocimiento sin importar el tamaño o el tipo de la organización.

5) Gestión Estratégica

Esta gestión, permite inferir y llevar a cabo un plan general para lograr uno o más objetivos, y se encuadra como un proceso que se relaciona con la identificación y descripción de estrategias que los gerentes pueden usar para lograr un mejor rendimiento y ventaja competitiva para la empresa [9]. Por otro lado, la gestión estratégica apunta hacia las ventajas competitivas en función de su rentabilidad, bajo las cuales se reflejan balances positivos o superiores con respecto a otras empresas. Otro aspecto implícito, trata que, un gerente debe tener en cuenta el entorno organizacional y competitivo. De esta forma, se logra analizar y verificar amenazas o fortalezas que lo lleven a tomar las mejores decisiones, con el fin de generar un proceso continuo que evalúe y controle su direccionamiento, contrarrestando las afectaciones internas y de mejora progresiva.

II. METODOLOGÍA

Los métodos empleados para el desarrollo del

Las Normas Técnicas Colombianas "NTC", son normas expedidas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, que por medio del Decreto 2269 de 1993 [7], se indica que fue creado como una entidad de carácter privado para brindar soporte, desarrollo al productor y protección al consumidor; que además, es reconocido por el Gobierno Nacional para elaborar, adoptar y publicar estas normas.

La NTC es un producto de ICONTEC, que tiene por finalidad, normalizar dentro de Colombia algún tema o asunto en específico. ICONTEC, como única entidad privada reconocida por el Gobierno de Colombia, establece lineamientos o guías que se aplicarán dentro del territorio nacional [8]. La Norma Técnica Colombiana 5801:2018, sobre Sistemas de Gestión para la Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i), expedida por ICONTEC estandarizan y proporcionan directrices que establecen los requisitos establecidos en un sistema de gestión determinado para las actividades de I+D+i, en el aseguramiento de actividades de generación de conocimiento sin importar el tamaño o el tipo de la organización.

5) Gestión Estratégica

Esta gestión, permite inferir y llevar a cabo un plan general para lograr uno o más objetivos, y se encuadra como un proceso que se relaciona con la identificación y descripción de estrategias que los gerentes pueden usar para lograr un mejor rendimiento y ventaja competitiva para la empresa [9]. Por otro lado, la gestión estratégica apunta hacia las ventajas competitivas en función de su rentabilidad, bajo las cuales se reflejan balances positivos o superiores con respecto a otras empresas. Otro aspecto implícito, trata que, un gerente debe tener en cuenta el entorno organizacional y competitivo. De esta forma, se logra analizar y verificar amenazas o fortalezas que lo lleven a tomar las mejores decisiones, con el fin de generar un proceso continuo que evalúe y controle su direccionamiento, contrarrestando las afectaciones internas y de mejora progresiva.

II. METODOLOGÍA

Los métodos empleados para el desarrollo del

proyecto fueron los siguientes:

1) Tipo de Investigación. El Tipo de Investigación definida para la presente propuesta, es la proyectiva, que según un informe presentado por Córdoba & Monsalve [10] consiste en: "Encontrar la solución a los problemas prácticos, se ocupa de cómo deberían ser las cosas para alcanzar los fines y funcionar adecuadamente. Consiste, en la elaboración de una propuesta o de un modelo para solucionar problemas o necesidades de tipo práctico, ya sea de un grupo social, institución, un área en particular del conocimiento, partiendo de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generadores involucrados y las tendencias futuras."

2) Diseño. El proyecto se llevará a cabo dentro del enfoque cualitativo, mediante una investigación exploratoria-propositiva.

3) Enfoque. El enfoque aplicado para el desarrollo del presente estudio fue el cualitativo; por tanto, "tiene como característica común referirse a sucesos complejos que tratan de ser descritos en su totalidad, en su medio natural"[11]

III. RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN.

La investigación en cuestión se llevó a cabo desde una revisión y análisis a la Norma Técnica Colombiana 5801:2018, de la cual se tomaron elementos claves como "análisis interno" y "análisis externo", para identificar por medio de un estudio de la organización del CEINV, posibles oportunidades de mejora, con la finalidad de potencializar y maximizar las capacidades investigativas y desarrollo de proyectos de I+D+i que ya posee. La investigación se desarrolló por medio de tres objetivos muy importantes:

A. OBJETIVO 1. Realizar un diagnóstico identificando las fortalezas y oportunidades de mejora de la gestión de los procesos de innovación e investigación en el CEINV ESCOM.

Esta fase está conformada por el análisis de la situación externa e interna de proceso, empleando una matriz DOFA que permite observar, cuantificar y cualificar los aspectos más relevantes del CEINV.

A continuación, se presentan los resultados:

Debilidades

- Falta de direccionamiento y estandarización de los procedimientos académicos.
- No se tienen definidos los criterios para la etapa de inicio en la propuesta de proyectos de I+D+i.
- Demora en los tiempos de los procesos presupuestales y de evaluación, derivado en la falta de protocolos y directivas que estén suficientemente soportados.
- No se tiene registro de inventario de los prototipos desarrollados en el CEINV y entregados por los estudiantes, así como sus manuales de operación y ejecución.
- No se tiene definida una tipificación y almacenamiento de prototipos activos.
- No existe una herramienta informática que consolide la información generada en el CEINV.

Oportunidades

- Aprovechar la línea de prototipado para realizar investigación y prototipos con las diferentes máquinas.
- Proponer la creación de un banco de ideas a través de un formato digital uniforme a todas las unidades de la Fuerza, buscando patrocinio financiero, metodológico, técnico y operativo.
- Participar en las convocatorias internas del COATE-CEDOC-DITEC-CEMIL con proyectos de clase que puedan ser financiados y/o apoyados como investigación formativa.
- Posibilidad de emplear las TIC para optimizar procesos dentro del CEINV.

Amenazas

- No se cuenta con alto presupuesto para el desarrollo de proyectos de investigación.
- No se destinan los suficientes recursos al CEINV para la realización de proyectos, apoyo a semilleros de investigación, participación en eventos académicos.
- El cambio constante del personal genera traumas en la continuidad del proceso, impidiendo que haya secuencialidad en las actividades y metodologías iniciadas.
- Escasez de partidas fijas para mantenimiento y

calibración de equipos.

Fortalezas

- Relaciones interinstitucionales como apoyo para la capacitación y formación del personal en el ámbito investigativo.
- Las líneas de investigación son coherentes con los programas que oferta la ESCOM.
- Cuenta con equipos, instrumentos y maquinaria propia de alta calidad que elabora circuitos impresos y facilita la realización de dispositivos previos a un producto terminado, sin tener que contar con terceros.
- El CEINV está especializado en el área de electrónica, telecomunicaciones e informática.
- Atiende necesidades de la Fuerza a través de los proyectos ejecutados.
- Se cuenta con el Grupo GICMIL categorizado y reconocido ante MinCiencias.

A continuación, se presentan las estrategias resultantes de la herramienta DOFA.

Estrategias FO

Aprovechar la fortaleza que se posee al tener un grupo de investigación Formal, avalado por el MinCiencias, la línea de prototipado y un banco de ideas, para obtener un mayor flujo de "insumos" en cuanto a punto inicial para iniciar un proyecto de I+D+i.

Estrategias FA

Fortalecer al máximo el conocimiento de los integrantes el Grupo GICMIL, por medio de capacitaciones continuas, con el fin de generar propuestas de alto impacto social y operacional.

Motivar a aquellos egresados que cuenten con un perfil afín con la misión del CEINV, que puedan llegar a formar parte del equipo de trabajo y de esta forma, potencializar los productos del Grupo GICMIL.

Estrategias DO

Proponer el diseño de un banco de ideas y documental que facilite la documentación de

proyectos orientados a I+D+i y permita a la ESCOM fortalecer sus procesos investigativos, selección de artículos y gestión de revista científica, con el apoyo de personal y de los semilleros. Este diseño de banco de ideas, sería una herramienta tomada de la NTC 5801:2018.

Emplear las TIC que se encuentren al alcance con el fin de diseñar una herramienta que facilite la tarea de gestionar los documentos relacionados con prototipos o ideas de investigación; lo anterior, para desarrollar una etapa óptima inicial de los proyectos y así facilitar el punto de partida de su desarrollo.

Estrategias DA

Evaluar continuamente la gestión documental de los procesos del CEINV, proyectos de investigación y labores inherentes al proceso investigativo, analizando si incurren en sanciones hacia la propiedad intelectual, riesgos y oportunidades, promoviendo el diseño de una herramienta informática que consolide estos aspectos y estandarice los lineamientos a tener presentes en la formulación y desarrollo de los proyectos de investigación.

B. OBJETIVO 2. Analizar los parámetros establecidos en la Norma NTC 5801:2018, aplicables a la gestión de los procesos de innovación e investigación. Para esta fase se tuvo en cuenta el desarrollo de herramientas de chequeo e identificación de los aspectos de mayor significado en I+D+i, orientados a la formulación de ideas de proyectos de investigación, basado en los requisitos técnicos de la Norma NTC 5801:2018, que contribuyan a la formación del banco de ideas del CEINV.

Para llevar a cabo el modelo de gestión propuesto en este trabajo, se hizo énfasis en la construcción de un banco de ideas - herramienta de la norma, con base en la estructuración de una lista de chequeo que contiene una serie de parámetros propios de la NTC y algunos sugeridos por el personal que labora en el CEINV, cuya finalidad es desarrollar la etapa inicial del proceso de Ciencia y Tecnología, aportando al estudiante o miembro de la comunidad académica de la ESCOM, la

forma correcta para redactar la idea de investigación.

En las Figuras 2 y 3, se plasma la guía de formato sugerido para estructurar la idea de investigación. Este formato fue desarrollado por los autores de la presente propuesta.

Figura 2. Guía del formato sugerido para estructurar idea de investigación del CEINV ESCOM – Parte 1



CENTRO DE INVESTIGACIÓN ESCOM BANCO DE IDEAS DE PROYECTOS I+D+i CEINV ESCOM

ANEXO I. GUIA DEL FORMATO SUGERIDO PARA ESTRUCTURAR LA IDEA DE INVESTIGACIÓN

Teniendo en cuenta el concepto de idea de proyecto como unidad básica del proceso de investigación formal, la información básica de las ideas de proyectos que se formulan desde el CEINV de la ESCOM se resumirá y registrará en el formato sugerido cuya guía se presenta a continuación. Para el diligenciamiento de los ítems contenidos en cada una de estas partes, tenga en cuenta las siguientes recomendaciones generales:

- La idea de proyecto debe cumplir los ítems planteados en la lista de chequeo acorde a la Norma NTC 5801 previamente generada por el personal del CEINV.
- Diligencie un formato para cada idea de proyecto.
- Sea preciso, conciso y evite abreviaturas.
- Si tiene alguna duda acerca del diligenciamiento de este formato, solicite apoyo del personal del CEINV.

PROPUESTA DE LA IDEA DE I+D+i

Se desarrolló a través de 3 fases que indican los respectivos pasos a seguir para la correcta creación, evaluación y selección de una idea propicia que conduzca un proceso continuado de planeación, desarrollo, prueba, rediseño y validación de proyectos, lo que perfeccionará su estructuración y desarrollo, con el fin de ser implementado o comercializado en el mercado.

Figura 7. Flujograma.



FASE 1. Etapa Inicial.

Se estableció una etapa preliminar al desarrollo del proyecto, la cual consistió en emplear según la NTC 5801:2018, "banco de ideas". Este banco se desarrolla por medio de una encuesta a través de las herramientas de la Suite de Google con unos parámetros delimitados y acordes con la consolidación de la fase inicial de investigación formal y la difusión a la comunidad académica y personal del CEINV. El paso inmediato a la difusión de la encuesta, es la recepción y tabulación periódica de la información proporcionada por la comunidad académica y posterior al análisis de cada idea de I+D+i por parte de la unidad de Gestión del Grupo GICMIL del CEINV de la ESCOM, se evaluará si la idea avanza hacia la etapa siguiente denominada: Fase de Planeación y Desarrollo.

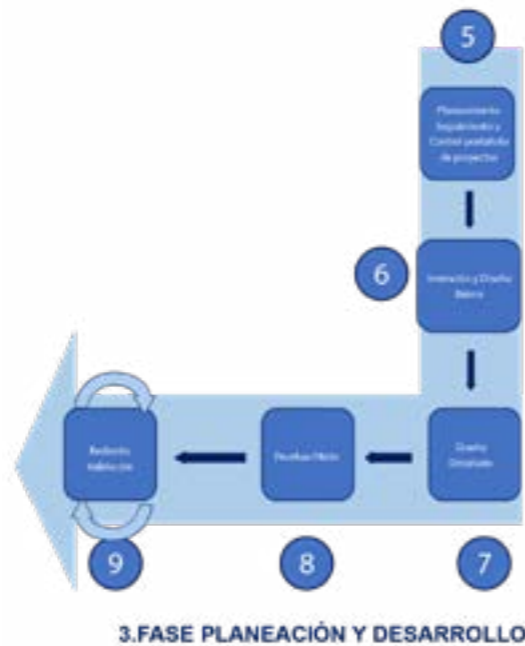
Figura 8. Fase 1



FASE 2. Fase Planeación y Desarrollo.

Después de cumplirse la fase previa o exploratoria, se continúa con la fase de Planeación y Desarrollo; esta fase se inicia con la planeación, seguimiento y control de portafolio de proyectos, que se llevará a cabo por la Unidad de Gestión de I+D+i y ayudará a tener una visión preliminar de la idea ya concebida y seleccionada en la primera fase; en ella, se proyecta la concepción del objetivo, presupuesto, impacto y alcance del proyecto. Se pautan las tareas de diseño y planificación, se planean y ejecutan pruebas piloto que demuestran el funcionamiento del modelo de gestión; se trabaja en la detección y resolución de problemas que puedan generarse y que garanticen el cumplimiento, validez, funcionamiento y optimización del modelo, cumpliendo con los lineamientos que se han establecido para aceptar una idea y continuar con la siguiente fase.

Figura 9. Fase 2.



FASE 3. Fase Resultados e Implementación.

En esta fase, se busca evaluar el resultado de la puesta en marcha del modelo, analizando si cumple con las expectativas planteadas y si logra la satisfacción de las partes interesadas, tanto de la comunidad académica como del CEINV. También en esta etapa se pueden generar nuevos cambios,

generar nuevos cambios, con el propósito de aplicar las correcciones, retroalimentaciones y rediseños que permitan las mejoras necesarias. Una vez se realizan las correcciones pertinentes, se realizan los informes de avances, datos, estadísticas, gráficas; se establece la curva de aprendizaje y se evalúa en forma conjunta la idea de proyecto, incluyendo las lecciones aprendidas y el conocimiento adquirido para futuras actividades de I+D+i.

Figura 10. Fase 3.



V. CONCLUSIONES

El análisis situacional del CEINV realizado en este trabajo de investigación, es un referente para identificar los puntos a los cuales debe darse mayor hincapié frente a los lineamientos de la Norma Técnica Colombiana NTC 5801:2018 y como punto de partida para diseñar las estrategias asociadas a los procesos de investigación.

Entender las Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas del CEINV, permitieron establecer y sugerir una fase previa a los proyectos de investigación para seleccionar ideas con potencial científico, que apunten a las líneas de investigación del CEINV, al identificar un punto de partida que permitirá que los proyectos de investigación sean más maduros y por ende, de más ágil la elaboración, beneficiando así, a la Fuerza.

La generación de ventajas competitivas a partir de la formulación de ideas de investigación innovadoras que cumplan con los lineamientos de la norma NTC 5801:2018 y

bajo los estándares del CEINV, se debe considerar como uno de los aportes de mayor relevancia para fundamentar uno de los pilares del CEINV de la ESCOM, teniendo en cuenta que la sola concepción de una idea desencadenará una serie de procesos que consolidarán el desarrollo de la investigación formal en el CEINV.

A partir del desarrollo tecnológico, pueden identificarse diferentes tipos de herramientas a nivel de TIC, para conformar los bancos de ideas en diferentes aspectos desde la electrónica y las telecomunicaciones. Igualmente, la implementación del modelo de gestión planteado en este proyecto de investigación, debe abordar los procesos actuales del CEINV, los lineamientos de la Norma NTC 5801 y contemplar que el valor que se persigue, es el potencializar la etapa inicial de los proyectos de investigación formal que aporten a la eficiencia organizacional y académica del CEINV.

VI. REFERENCIAS

[1]UNESCO, el 15 de junio de 2021. "Aumenta la inversión en investigación y desarrollo en el mundo, pero continúa muy concentrada", <https://es.unesco.org/news/aumenta-inversion-investigacion-y-desarrollo-mundo-pero-continua-muy-concentrada> (consultado el 30 de abril de 2022).

[2]"Índice de Competitividad Global 2019", datosmacro.com. <https://datosmacro.expansion.com/estado/indice-competitividad-global> (consultado el 30 de abril de 2022).

[3]J. R. L. González y M. A. M. González, "Factores determinantes de innovación en las empresas de los sectores comercio y servicios: análisis econométrico de la encuesta de desarrollo e innovación tecnológica EDIT 2017", p. 49.

[4]E. N. de Colombia, "Centro de Investigación - Escuela de Comunicaciones del Ejército Nacional de Colombia". <https://www.escom.mil.co/centro-de-investigacion-454719/> (consultado el 22 de noviembre de 2022).

[5] "Definición de etapa - Definicion.de",

Definición.de. <https://definicion.de/etapa/>
(consultado el 22 de noviembre de 2022).

[6] MinCiencias, "INNOVACIÓN", Minciencias, 2022. <https://minciencias.gov.co/glosario/innovacion> (consultado el 17 de septiembre de 2022).

[7] "Decreto 2269 de 1993", 1993. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=32037> (consultado el 26 de septiembre de 2022).

[8] ICONTEC, "Norma Técnica Colombiana NTC 5801", ICONTEC, 2008. Consultado: el 26 de septiembre de 2022. [En línea]. Disponible en: https://drive.google.com/file/u/1/d/1i-4hBqRsKwAdeIB5zKa7QHQT6w2yQkDZ5/view?usp=drive_open&usp=embed_facebook

[9] J. Rivero, "Gestión Estratégica: Definición, etapas y para qué sirve", Neetwork - Escuela de Negocios Digitales. <https://neetwork.com/gestion-estrategica/> (consultado el 26 de septiembre de 2022).

[10] Yumpu.com, "Tipos de Investigación. Predictiva, Proyectiva, Interactiva, Confirmatoria y Evaluativa", yumpu.com. <https://www.yumpu.com/es/document/read/63895158/tipos-de-investigacion-predictiva-proyectiva-interactiva-confirmatoria-y-evaluativa> (consultado el 20 de junio de 2022).

[11] Investigación educativa | ISBN 978-958-96016-4-8 - Libro. Consultado: el 20 de junio de 2022. [En línea]. Disponible en <https://isbn.cloud/9789589601648/investigacion-educativa/>

Cálculo de la potencia para un motor de silla de ruedas que permita el ascenso y descenso de escaleras para personas con movilidad reducida.

Yiandri Jimena Barajas Bustos
barajasyiandri803@gmail.com
Ingeniera de Ciberseguridad

Carlos Alfonso Vargas Morales
carlosvargasmorales@cedoc.edu.co
Docente Escuela de Comunicaciones

2. Artículos de revisión bibliográfica

RESUMEN: Las sillas de ruedas eléctricas para subir escaleras, se han popularizado debido al reciente interés de la ciencia por brindar a los usuarios una mayor autonomía y mejor calidad de vida. El objetivo de este estudio consistió en calcular la potencia requerida por un motor, que permita a este sistema de apoyo la capacidad de ascender y descender escalones. Para ello, se realizó una revisión sistemática de literatura (SLR) en 50 artículos de las bases de datos Google Académico, Dialnet e IEEE Xplore (2015-2022). Entre los resultados, se encontró que las características tanto de ergonomía como de desempeño del sistema están bastante ligadas a las preferencias, capacidades y habilidades de cada paciente en particular. Además, los mecanismos utilizados para lograr el ascenso y descenso, juegan un papel fundamental en aspectos como dimensiones, comodidad y seguridad del usuario. Finalmente, se identificaron vacíos conceptuales relacionados con la autonomía de los sistemas que se han desarrollado hasta el día de hoy; adicionalmente, no se tiene claridad sobre las limitantes de estos sistemas previamente propuestos. Se concluye que las características idóneas para un prototipo de silla de ruedas que permita el ascenso y descenso de escaleras, son: dos motores DC a 12V de tipo con escobillas, sistema de control mediante joystick y mecanismo de oruga.

Palabras clave: Mecanismo de oruga, motor de silla de ruedas, potencia de un motor, silla de ruedas sube escaleras.

ABSTRACT - Electric wheelchairs for stair climbing have become popular due to the great and recent interest of science in providing these users with greater autonomy and a better quality of life. The objective of this study was to calculate the power required by a motor, to allow this support system the ability to ascend and descend steps.

For this, a systematic literature review (SLR) of 50 articles from the Google Scholar, Dialnet and IEEE Xplore databases (2015-2022) was carried out. It is found that both the ergonomics and performance characteristics of the ergonomics and performance characteristics of the system are closely linked to the preferences, capacities and abilities of each particular patient. In addition, the mechanisms used to achieve ascent and descent play a fundamental role in aspects such as dimensions, comfort and safety of the user. Finally, epistemological gaps are identified regarding the autonomy of the systems that have been developed up to the present day; additionally, there is no clarity about the limitations of these previously proposed systems. It is concluded that the ideal characteristics for a wheelchair prototype that allows the ascent and descent of stairs are: two 12V DC brush type motors, joystick control system and caterpillar mechanism.

Keywords: Contactors, Three-dimensional structure, Humidity, Temperature, ThingSpeak.

1. INTRODUCCIÓN

Una de las principales limitantes que presentan las personas con movilidad reducida, es el acceso a lugares que no fueron diseñados de manera inclusiva, debido a la arquitectura antigua o porque no se tuvo en cuenta a la hora de su construcción, el implementar un ingreso mediante rampa para sillas de ruedas convencionales. Según algunos usuarios, esta limitación está presente incluso en sus hogares si éstos no están totalmente ubicados en una planta baja [1].

Además de lo anterior, un inconveniente más, es la dependencia de un acompañante para poder realizar actividades

de la vida cotidiana, lo que representa una afectación directa a la salud mental del paciente al necesitar una persona que lo asista, generando falta de autonomía. En algunas ocasiones, los usuarios de sillas de ruedas se aventuran a realizar sus diligencias por sí mismos, lo que puede desembocar en accidentes como volcaduras, dado que los mecanismos de apoyo actuales no cuentan con el diseño adecuado para sortear obstáculos como escalones o andenes [1].

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud [2] a finales del año 2021 se contaba con un censo de más de mil millones de personas con discapacidad (PCD), cifra que representa alrededor del 15% de la población mundial. Adicionalmente, se expresa que 75 millones de personas en el mundo necesitan una silla de ruedas y solo entre el 5 y el 15 por ciento de ellos, tienen acceso a esta asistencia [3], lo cual quiere decir que aproximadamente 11.250.000 usuarios de estos mecanismos viven en una constante exclusión a causa de las barreras en el ingreso a diversos lugares.

De acuerdo con la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) [4], cerca de un 12% de la población latinoamericana vive con al menos un tipo de discapacidad. En este estudio se indica que algunas de las causas de las discapacidades pueden ser factores como la pobreza, los conflictos armados y la violencia; mientras que otros como los recursos económicos y el estatus social pueden definir la autonomía de estos individuos cuando alcancen su etapa de vejez.

En esta misma publicación de la CEPAL [4] se hace referencia a programas de cuidado que ofrecen algunos gobiernos de Latinoamérica, como servicios de atención domiciliar para los discapacitados y sus familiares o adaptación de viviendas. Aun así, estos servicios son insuficientes debido a que la gran mayoría de personas con limitaciones reciben apoyo y cuidado de familiares cercanos, afectando el bienestar emocional y financiero de la familia.

En Colombia, de acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) [5], se ha evolucionado el concepto de discapacidad de forma que no se considerarán

discapacitados aquellas personas que, aún presentando limitaciones funcionales, cuentan con el apoyo y cuidado de familiares o amigos para el desarrollo de sus actividades diarias.

En los resultados obtenidos, el total de PCD en Colombia fue del 5.6% de los cuales el 31% presenta problemas de locomoción como mover el cuerpo, caminar o subir y bajar escaleras [5]. Como resultado, Pineda [6] y Durán [7] recalcan la necesidad de adoptar mecanismos tecnológicos, con el fin de mejorar la calidad de vida y disminuir los espacios de exclusión a los que se enfrentan los usuarios con este tipo de discapacidad física, debido a que usualmente se ven las adecuaciones arquitectónicas como un gasto.

Ocampo y Gonzales [8] dan a conocer la problemática a nivel de infraestructura en el sistema integrado de transporte público de la capital colombiana, Bogotá, donde se evidencia el mal diseño de rampas de ingreso con inclinaciones peligrosas para los usuarios de silla de ruedas, postes en medio de los accesos a discapacitados y estructuras en mal estado que ponen en riesgo la integridad de todas las personas. Esta situación viola el conjunto de leyes: Ley 336 de 1996, Ley 361 de 1997 y el Decreto 1660 de 2003 que "exigen que las condiciones técnicas de los sistemas de transporte urbanos colectivos tengan las adaptaciones técnicas necesarias para los usuarios con discapacidad física y sensorial" [9, p. 76]. Además, tampoco se evidencia algún tipo de adaptación para cumplir con dichas normativas.

El departamento de Cundinamarca no es ajeno a esta problemática, puesto que según el registro de localización y caracterización de las personas con discapacidad (RLCPD) en su último censo correspondiente al año 2015, el departamento contaba con aproximadamente 40.808 PCD, de los cuales el 20% eran menores de edad [10].

De acuerdo con las razones ya expuestas, se infiere que las causas de la problemática de accesibilidad para usuarios con movilidad reducida se deben a espacios públicos no aptos para el desplazamiento de sillas de ruedas; esto se debe a la falta de planificación de la construcción inclusiva y la falta de apoyo de los entes gubernamentales.

Adicionalmente, el diseño de las sillas de ruedas convencionales se vuelve un factor influyente en el desempeño de las mismas, dado que sus dimensiones les impiden transitar por angostos pasillos y sus ruedas no permiten el ascenso o descenso de escaleras. Finalmente, la ausencia de una persona de apoyo hace imposible acceder a lugares que no cuenten con las facilidades para PCD en miembros inferiores, ocasionando una falta de autonomía.

Este trabajo tiene como propósito un doble objetivo: en primer lugar, realizar un estudio de síntesis bibliográfica en el que, desde un punto de vista descriptivo, se analicen los diferentes modelos de sillas de ruedas para subir escaleras, junto con las características a tener en cuenta para mejorar su ergonomía y así satisfacer las necesidades de los usuarios. En la segunda parte de este artículo, se realizará el cálculo de la potencia requerida por un motor para una silla de ruedas que permita el ascenso y descenso de escaleras a personas en condición de discapacidad.

2. PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

Se realiza una investigación descriptiva mediante una revisión de literatura en fuentes de información secundarias como bases de datos índice de artículos relacionados. Para ello, se dividió el proceso en la definición de los objetivos de investigación, método de búsqueda, descriptores empleados, criterios de inclusión y de exclusión.

En primer lugar, se realiza una categorización de los estudios e investigaciones existentes relacionadas con diseños, simulaciones y/o prototipos que permitan el ascenso Posteriormente, a fin de abarcar documentos pertinentes y útiles para esta investigación, como criterios de inclusión se consideran:

- Publicaciones dirigidas específicamente a diseños, simulaciones o realización de prototipos de sillas de ruedas que suben escaleras.
- Estudios publicados en inglés, español e indonesio.
- Estudios nacionales e internacionales, especialmente de América Latina, India e Indonesia.

Criterios de exclusión:

- Publicaciones anteriores al año 2015.
- Artículos no relacionados con el tema de estudio, por ejemplo, tipos de enfermedades que generan discapacidad motora en las personas.

La principal limitación para llevar a cabo la revisión, correspondió a numerosas publicaciones relacionadas con camillas especiales para mejorar la ergonomía de las personas en condición de discapacidad.

Los descriptores de búsqueda aplicados a las diferentes bases de datos utilizadas y la cantidad de resultados generados se presentan en la tabla 1.

TABLA I.
ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA.

Base de datos	Descripción	Resultados
Google Académico	Silla de ruedas sube escaleras	19
	Motor silla de ruedas sube escaleras	7
	Silla de ruedas sube escaleras Colombia	11
Dialnet	Silla de ruedas sube escaleras	1
IEEE Xplore	Stair climbing wheelchair	12

3. DESARROLLO Y DISCUSIÓN

I. Contextualización

En las últimas dos décadas se han desarrollado diferentes mecanismos de sillas de ruedas eléctricas con la capacidad de subir y bajar escaleras, las cuales permiten a sus usuarios participar en actividades al aire libre, siendo beneficioso para su salud mental [11].

Las actuales soluciones para enfrentar la problemática de acceso que presentan las PCD debido a barreras arquitectónicas, se clasifican según tres afirmaciones, de acuerdo con la norma ISO 7176-28:2012, de la siguiente manera:

- Si el dispositivo puede ser utilizado de forma autónoma por el usuario.
- Si el dispositivo se mantiene de pie durante la secuencia de subida de escaleras.
- Si el dispositivo es un portaescaleras para silla de ruedas o una silla de ruedas para subir escaleras. [8, p. 30] [12].

Figura 1. Clasificación basada en funcionalidad

Assistant - operated stair - climbing device				Occupant - operated stair - climbing device			
Self - standing		Manually stabilized		Self - standing		Manually stabilized	
Stair-climbing chair	Stair-climbing wheelchair carrier	Stair-climbing chair	Stair-climbing wheelchair carrier	Stair-climbing chair	Stair-climbing wheelchair carrier	Stair-climbing chair	Stair-climbing wheelchair carrier
Type A	Type B	Type C	Type D	Type E	Type F	Type G	Type H

Fuente: ISO 7176-28.

De acuerdo con lo anterior, se determina que el sistema planteado en este artículo para realizar el cálculo del motor, se ubica en el tipo E.

II. Mecanismos

Se conocen como mecanismos las diferentes arquitecturas empleadas por los fabricantes de sillas de ruedas para permitir a estos sistemas de apoyo, la capacidad de ascender y descender escaleras. Según Preeta et al [13] el mecanismo debe elegirse adecuadamente, puesto que afecta directamente características como el peso, el costo, el consumo de energía, la portabilidad y la facilidad de uso. A continuación, se mencionan algunas de las estructuras comúnmente empleadas:

A. Pura pierna

Los mecanismos basados en pura pierna cuentan con una alta capacidad para lograr el ascenso y descenso de escaleras; sin embargo, su estructura es compleja tanto para el sistema de actuación como el de control y su estabilidad es crítica, lo cual la hace incómoda para el usuario [12].

Figura 2. Mecanismo de pura pierna.



Fuente: B. D. Castillo, Y. F. Kuo, and J. J. Chou, "Novel design of a wheelchair with stair climbing capabilities," ICIIBMS 2015 - Int. Conf. Informatics Biomed. Sci., vol. 2, no. 1, pp. 208-215, 2016, doi: 10.1109/ICIIBMS.2015.7439508.

B. Híbrido ruedas-oruga

Los sistemas híbridos ruedas-oruga combinan la alta eficiencia de las ruedas en terreno plano junto con el comportamiento de la oruga en las escaleras, lo que hace de esta, la solución más efectiva y empleada en el desarrollo de sillas de ruedas que suben escaleras [12]. Por una parte, la ventaja de este mecanismo es la estabilidad y regularidad que posee en la trayectoria durante el ascenso y/o descenso; mientras que, su principal desventaja está relacionada con las dimensiones y el peso de la oruga.

Figura 3. Mecanismo híbrido ruedas-oruga.



Fuente: P. Chatterjee, N. Lahiri, A. Bhattacharjee, and A. Chakraborty, "Automated Hybrid Stair Climber for Physically Challenged People," 2021 5th Int. Conf. Electron. Mater. Eng. Nano-Technology, IEMENTech 2021, 2021, doi: 10.1109/IEMENTech53263.2021.9614713.

Preeta et al [13] coinciden con las desventajas de este mecanismo, pues afirman que "los dispositivos basados en orugas, pueden causar daños a las escaleras ya que los rieles empujan fuertemente contra las escaleras. Aparte de estos, los

dispositivos también pueden ser frágiles, difíciles de operar y, sin embargo, ser costosos". Además, afirman que esta arquitectura, al ser tan voluminosa, genera grandes sacudidas en las escaleras y presenta fricción con el suelo [14].

En contraposición, Ortiz [15] desarrolló una matriz morfológica en la que según una valoración técnico-económica, el sistema de tracción por orugas obtuvo el mayor puntaje, siendo la mejor solución para esta aplicación. Igualmente, Dussán et al [16] afirman que con este mecanismo "se evitan transiciones bruscas entre los escalones, proporcionando un comportamiento suave". Esta característica es bastante importante, para brindarle al usuario confianza en el sistema.

Por las anteriores razones, se considera que el mecanismo de orugas es la mejor opción para la implementación de estos sistemas, debido a su gran versatilidad de movimiento en diferentes tipos de terrenos [17]. Para esta aplicación, sólo se considerará un sistema basado en orugas, ya que de acuerdo con Ortiz Sarrió [18] al mantenerse las grandes ruedas convencionales, la silla se vuelve poco práctica en espacios que no cuentan con buena amplitud.

C. Híbrido pierna-ruedas

Esta arquitectura, de igual forma que la anterior, permite acoplar la eficiencia de las ruedas en terrenos planos junto con la facilidad de las piernas al ascender escalones; su funcionamiento se realiza de la siguiente manera:

El mecanismo se basa en una estructura de engranajes única, que permite que la rueda se transforme entre dos modos, es decir, rueda o pata, adaptándose potencialmente a las diferentes condiciones del suelo. Consiste en un engranaje central y patas con engranajes parciales que giran alrededor del engranaje central para abrir o cerrar las patas. Cuando está completamente cerrado, el mecanismo forma una rueda circular sin costuras; cuando está abierto, funciona en el modo de pierna. [19, p. 1]

Figura 4. Mecanismo híbrido pierna-ruedas.

dispositivos también pueden ser frágiles, difíciles de operar y, sin embargo, ser costosos". Además, afirman que esta arquitectura, al ser tan voluminosa, genera grandes sacudidas en las escaleras y presenta fricción con el suelo [14].

En contraposición, Ortiz [15] desarrolló una matriz morfológica en la que según una valoración técnico-económica, el sistema de tracción por orugas obtuvo el mayor puntaje, siendo la mejor solución para esta aplicación. Igualmente, Dussán et al [16] afirman que con este mecanismo "se evitan transiciones bruscas entre los escalones, proporcionando un comportamiento suave". Esta característica es bastante importante, para brindarle al usuario confianza en el sistema.

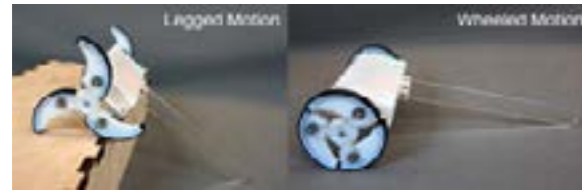
Por las anteriores razones, se considera que el mecanismo de orugas es la mejor opción para la implementación de estos sistemas, debido a su gran versatilidad de movimiento en diferentes tipos de terrenos [17]. Para esta aplicación, sólo se considerará un sistema basado en orugas, ya que de acuerdo con Ortiz Sarrió [18] al mantenerse las grandes ruedas convencionales, la silla se vuelve poco práctica en espacios que no cuentan con buena amplitud.

C. Híbrido pierna-ruedas

Esta arquitectura, de igual forma que la anterior, permite acoplar la eficiencia de las ruedas en terrenos planos junto con la facilidad de las piernas al ascender escalones; su funcionamiento se realiza de la siguiente manera:

El mecanismo se basa en una estructura de engranajes única, que permite que la rueda se transforme entre dos modos, es decir, rueda o pata, adaptándose potencialmente a las diferentes condiciones del suelo. Consiste en un engranaje central y patas con engranajes parciales que giran alrededor del engranaje central para abrir o cerrar las patas. Cuando está completamente cerrado, el mecanismo forma una rueda circular sin costuras; cuando está abierto, funciona en el modo de pierna. [19, p. 1]

Figura 4. Mecanismo híbrido pierna-ruedas.



Fuente: C. Zheng and K. Lee, "WheeLeR: Wheel-leg reconfigurable mechanism with passive gears for mobile robot applications," Proc. - IEEE Int. Conf. Robot. Autom., vol. 2019-May, no. May, pp. 9292-9298, 2019, doi: 10.1109/ICRA.2019.8793686.

Las principales características de este híbrido son su bajo peso y pequeñas dimensiones, ventajas que de acuerdo con Quaglia et al [12], se ven opacadas por la complejidad del sistema de control y su falta de estabilidad. Sin embargo, otros estudios afirman que este mecanismo "puede subir y bajar diferentes tipos de escaleras con un deslizamiento mínimo" [20, p. 7]. Para esta aplicación, se considera de mayor impacto el garantizar la estabilidad y seguridad del usuario, por lo cual se descarta este mecanismo.

D. Ruedas delta

En esta arquitectura "el diseño de la rueda utiliza un sistema de tres ruedas que se dispone en paralelo formando un triángulo" [21, p. 1]; este diseño se caracteriza por brindar un desplazamiento suave en superficies planas, haciéndolo cómodo para el usuario [22]. Así mismo, otra ventaja que presenta esta arquitectura tiene que ver con la reducción de tiempo en cuanto a su uso, debido a que no requiere ningún tipo de conmutación al cambiar desde una locomoción plana, hacia un desplazamiento sobre escalones.

Figura 5. Mecanismo ruedas delta.



Fuente: L. A. M. Riascos, "A low cost stair climbing wheelchair," IEEE Int. Symp. Ind. Electron., vol. 2015-Sept, pp. 627-632, 2015, doi: 10.1109/ISIE.2015.7281541.

Con respecto a las limitantes de este mecanismo, precisamente, estas consisten en que no se han realizado las suficientes pruebas con él, de tal forma que permitan el ascenso y/o descenso de escaleras. Aun así, se ha evidenciado que generan un alto peso y volumen, además de causar un profundo desgaste en la vida útil de sus componentes, debido a la falta de hibridación.

III. Ergonomía

Para los usuarios de sillas de ruedas, la ergonomía es un aspecto fundamental al momento de elegir su dispositivo, dado que esta "persigue la adecuación de los sistemas a las características, capacidades y limitaciones de los usuarios, para que puedan desarrollar sus actividades de la vida diaria con condiciones de igualdad, facilidad y seguridad" [23, p. 1] La importancia radica en la garantía de la comodidad del paciente, teniendo en cuenta dimensiones como la antropometría, la normativa y el entorno [24]. Además, esta característica del dispositivo también puede mejorar la calidad de vida de la persona encargada de cuidar al usuario de silla de ruedas, así como facilitar a este último la capacidad de realizar actividades básicas, como su rutina de higiene personal.

Algunas de las investigaciones consultadas se han enfocado en realizar el análisis de los requerimientos de los usuarios de sillas de ruedas, especialmente población adolescente e infantil, mediante el desarrollo de herramientas para el monitoreo de 5 características entre 16 disponibles, con el objetivo de evaluar el desempeño del sistema [25]. En estas investigaciones se demostró que todas las opciones fueron calificadas como "muy importantes" por al menos una persona, demostrando así que la ergonomía es un elemento acoplado a cada usuario de manera individual.

A. Dimensiones del prototipo

Según Van der Woude et al [26], una característica importante a tener en cuenta para garantizar la ergonomía del usuario, es la optimización del sistema en cuanto a sus dimensiones. Cabe recal-

car que, deben ser de acuerdo con las medidas antropométricas del paciente en condición de discapacidad.

En un estudio realizado en Perú, se realizó una encuesta a 7 personas en condición de discapacidad física, donde se evidencia que el 100% de los encuestados desean que la silla de ruedas conserve las mismas dimensiones que una convencional [27]. De esta forma, las dimensiones de la silla son 85 cm de largo, 60 cm de ancho y 60 cm de alto, con un peso total de 25 kg [28]. De acuerdo con lo anteriormente descrito, se opta por realizar el cálculo de la potencia del motor, considerando esta indicación.

B. Materiales de los componentes

De acuerdo con el estudio realizado por Ayala [29], los usuarios de sillas de ruedas prefieren que el chasis esté elaborado en tubería de acero negro, un cojín con interior de espuma para los reposabrazos y que la tela que recubre el asiento y el respaldo sea de poliéster con 15mm de espesor. Como complemento a este listado, Valero [30] sugiere emplear espuma anti escara en el prototipo, con el fin de evitar la aparición de úlceras que puede sufrir la PCD al permanecer por largos periodos de tiempo en una misma posición.

IV. Sistemas de control del dispositivo

Los mecanismos de control influyen directamente en la seguridad de la estructura, debido a que de ellos depende el desempeño cinemático del prototipo [31]. Existen diversos sistemas de control que pueden ser empleados en la aplicación de sillas de ruedas, los cuales son implementados acorde con la necesidad y habilidades de cada usuario [32]. A modo de ejemplo, un sistema basado en joystick o propulsión de palanca, no puede ser utilizado por una persona con ausencia o limitaciones en sus miembros superiores. En consecuencia, a continuación, se exponen algunos de los sistemas de control comúnmente empleados:

A. Propulsión de palanca

En Japón se propone una silla de ruedas para subir escaleras, cuyo control se realiza mediante un

sistema de propulsión por palanca que utiliza los miembros superiores del cuerpo humano:

El modelo consta de (...), un par de ruedas manuales, un par de patas giratorias y palancas que giran las patas giratorias. Se supone que las ruedas manuales y las patas giratorias están conectadas al marco rígido conjuntas de pasador de masa despreciable. También se supone que el peso total de la silla de ruedas con un usuario se distribuye entre ambos extremos de la distancia entre ejes según la posición de su centro de gravedad (COG). [1, p. 2]

Figura 6. Sistema de propulsión por palanca.



Fuente: K. Sasaki, Y. Eguchi, and K. Suzuki, "A Wheelchair with Lever Propulsion Control for Climbing Up and Down Stairs," IEEE, p. 4, 2016.

Este sistema cuenta con la ventaja de que no requiere de un motor, y, por ende, tampoco requiere una fuente de alimentación externa. Además, los autores afirman que los usuarios de sillas de ruedas manuales son sujetos en la parte superior del cuerpo sana, para quienes no es deseable cambiar a una silla de ruedas eléctrica, con el fin de mantener su condición física.

B. Joystick

Este sistema es probablemente el más empleado para el control de sillas de ruedas debido a su versatilidad, dado que puede implementarse de manera individual así como acoplarse a otros componentes como los microcontroladores comerciales [33]. Este tipo de mando, brinda a la persona en condición de discapacidad la facultad de maniobrar la silla de ruedas de manera segura, sin generarle movimientos bruscos [34].

Figura 7. Sistema de control por joystick.



Fuente: L. F. Bedón Vásquez, "Sistema de control para la movilidad y extensión de una silla de ruedas eléctrica de bipedestación," Universidad Técnica de Ambato, 2017.

Pastor y Rodríguez [35] indican en su estudio que, el sistema de control mediante joystick, es la mejor opción, especialmente el TEW-C01.

C. Sistema operativo móvil

Arcia [36] y Kota et al [37] coinciden en proponer un sistema de control de motor basado en el sistema operativo Android, el cual permite al usuario interactuar con la silla de ruedas de forma inalámbrica y autónoma a través del módulo de bluetooth HC-05, que se encuentra acoplada al Arduino, enviándole símbolos que corresponden a una acción.

Figura 8. Sistema de control mediante móvil.



Fuente: J. A. Arcia Hernández, "Crear una silla de ruedas eléctrica de bajo costo para personas con discapacidad motriz controlada por un dispositivo manual y móvil con sistema operativo Android," Universidad de Córdoba, 2015.

La anterior propuesta es bastante útil y de fácil implementación, puesto que en la actualidad casi todas las personas tienen un dispositivo móvil, que cuenta con un sistema operativo Android, lo que favorecería la reducción del costo en las sillas de ruedas, además de su accesibilidad a una mayor cantidad de ellas.

D. Sensor Táctil

Este sistema de control es comúnmente empleado cuando el dispositivo está orientado a una población de la tercera edad, debido a la facilidad que representa para estas personas el uso del mismo. Su modo de funcionamiento se describe a continuación:

Cada vez que el usuario desliza el dedo sobre TSI (Touch Sensor Interface), se generan diferentes valores dependiendo de la superficie tocada del control deslizante. Este TSI está directamente conectado al controlador M0+ de la placa. El control deslizante está dividido para que cada parte específica del control deslizante táctil al aplicar la entrada proporcione una salida particular para tocar sobre una sección particular del control deslizante táctil. Siempre que el usuario dé el comando de toque adecuado a la pizarra, la silla avanzará en una dirección específica dependiendo de ese comando. [38, p. 2]

Figura 9. Sistema de control mediante sensor táctil.



Fuente: S. Kulkarni, B. Ballal, H. Vaishya, Y. Mehta, and P. Mokul, "Staircase climbing smart wheelchair," Proc. Int. Conf. Electron. Commun. Aerosp. Technol. ICECA 2017, vol. 2017-Janua, pp. 543-546, 2017, doi: 10.1109/ICECA.2017.8203596.

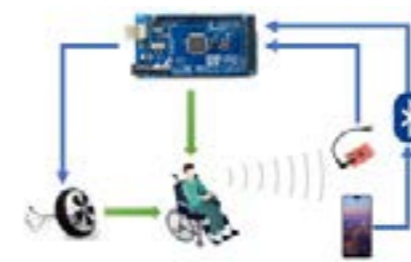
Para la presente investigación no se tendrá en cuenta este sistema de control, debido a que con él no se puede tener un preciso control de la velo-

cidad del sistema que se desea incorporar.

E. Comandos de voz

Los sistemas de control basados en comandos de voz "permiten a la persona con discapacidad generar órdenes a través del sonido producido por la vibración de las cuerdas vocales" [39, p. 4]. Además, como se ha evidenciado en el estudio de Villanueva, al implementar este método de manejo se obtuvo una diferencia promedio de 11 latidos por minuto menos, lo cual reduce en esfuerzo y cansancio físico de la PCD.

Figura 10. Sistema de control mediante comandos de voz.



Fuente: J. E. Villanueva Dávila and C. A. Ríos López, "Aplicación de un sistema de control por voz para reducir el esfuerzo del desplazamiento en silla de ruedas de personas con discapacidad," Rev. Científica Sist. e Informática, vol. 1, no. 1, pp. 51-57, 2021, doi: 10.51252/rcsi.v1i1.93.

Este sistema puede ser fácilmente empleado usando módulos de voz conectados con Arduino, al igual que se puede acoplar con el dispositivo móvil si así lo desea el usuario.

F. Banda Abdominal

Un curioso y poco explorado sistema de control es el propuesto por Campos, cuyo funcionamiento se describe de la siguiente manera:

El mando adicional mencionado será una banda que sujetará el celular del usuario la cual se pondrá a la altura del abdomen del usuario. El celular enviará la inclinación que posee respecto a los ejes x, y, z por Bluetooth al microcontrolador la cual se traducirá en instrucciones para el movimiento de la silla de ruedas. Al controlarse de esa forma, el usuario ejercitará la zona abdominal, actividad recomendada para rehabilitación [40, p. 2].

Figura 11. Sistema de control mediante banda abdominal.



Fuente: K. J. Campos Verdi, "Diseño de acople mecatrónico para automatización de sillas de ruedas convencionales," Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016.

Como lo indica el autor, la principal ventaja de este método de manejo, es la predisposición para que el usuario ejercite su zona abdominal; además, este sistema tiene la capacidad de acoplarse a otros diseños de sillas de ruedas fácilmente y brinda una mayor libertad al paciente en las manos.

G. Señales EMG

Fornell et al [41] desarrollaron un modelo de mando mediante electrodos EMG, que reciben las señales mioeléctricas de los músculos faciales ubicados alrededor de los ojos, para posteriormente ser amplificadas y filtradas del ruido ambiental. Luego, estos datos se digitalizan para que el microcontrolador pueda interpretarlos según un algoritmo, que controla dos servomotores para manipular el joystick, generando los movimientos básicos de una silla de ruedas, además de permitir el control de velocidad de la misma.

Figura 12. Sistema de control mediante señales EMG.



Fuente: Mi. Á. Fornell Sánchez and O. D. Velóz Segarra, "Diseño e Implementación De Un Sistema De Control De Una Silla De Ruedas Eléctrica Mediante Sensores Mioeléctricos Eog/Emg," pp. 1-94, 2015.

Este sistema de control es ideal para aquellas personas que no tienen la posibilidad de emplear sus manos en el momento de operar el joystick directamente, como pacientes con tetraplejia o paraplejia. Otra ventaja bastante importante de esta propuesta, es la facilidad que posee para adaptarse a cualquier tipo de silla de ruedas cuyo funcionamiento sea realizado mediante un joystick. No obstante, una limitación en el empleo de este método de manejo es la poca accesibilidad al sistema, a causa del elevado costo de sus componentes.

H. Señales EEG

Otros autores apuestan por los sistemas de control basados en señales EEG, enfocados a personas con niveles de discapacidad física severa, como se enuncia a continuación:

Se utilizó el dispositivo Neurosky Myndplay el cual permite reconocer nuestras ondas cerebrales y enviarlas inalámbricamente a un sistema conformado por el Arduino Mega y el módulo Bluetooth con el cual se captó las señales EEG y se verificó que sean correctos luego a un miniordenador Raspberry Pi en donde se desarrolló el algoritmo que procesa los datos e identifica el tipo de movimiento que la persona desea realizar en la silla de ruedas motorizadas [42, p. 8].

Figura 13. Sistema de control mediante señales EEG.



Fuente: M. Á. Altamirano Mego and E. F. Revilla Pérez, "Diseño y construcción del control de silla de ruedas motorizada basada en señales EEG para personas con severa discapacidad en el Hospital Regional de Lambayeque," Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, 2017.

Las señales que pueden ser utilizadas para realizar el control de este prototipo se obtienen de diversas maneras; por ejemplo, el usuario puede contar de manera descendente mientras mantiene los ojos abiertos. Una segunda opción, puede ser cerrando los ojos sin pensar en nada, o por el contrario, se puede realizar sólo parpadeando [42]. Este método de manejo cuenta con un alto porcentaje de confiabilidad, presentando un 86% de precisión en la interpretación de estas señales.

Los usuarios que fueron partícipes de este estudio, indicaron un alto nivel de satisfacción, resaltando la facilidad de este dispositivo para ser controlado. Sin embargo, es importante considerar que para implementar este mando se debe contar con un amplio conocimiento sobre señales EEG y los componentes necesarios para realizar su tratamiento.

V. Selección del motor

El cálculo de la potencia requerida por los motores adecuados para una silla de ruedas que sube escaleras, se debe realizar de manera cuidadosa, contemplando parámetros definidos propios de su entorno de operación, así como de sus componentes [43].

A. Parámetros a considerar

A continuación, se enumeran algunos de los parámetros que se tienen en cuenta para el desarrollo de esta investigación.

a. Índice de protección

También conocido como factor de seguridad, es una característica comúnmente aplicada en todos los campos de la ingeniería; ya sea civil, eléctrica, mecánica, entre otras. Se define de la siguiente manera:

El coeficiente de seguridad (...) es el cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido. Por este motivo es un número mayor que uno, que indica la capacidad en exceso que tiene el sistema por sobre sus requerimientos [44, p. 99].

b. Tiempo de operación

Contemplando la investigación realizada por Macedo, mediante una simulación en el software MATLAB, donde se considera el intervalo de tiempo total desde el inicio del ascenso, hasta la silla de ruedas ya en el punto máximo de la escalera, "según entradas a velocidad constante, mostraron que al sistema le tomará un total aproximado de 4 minutos y medio realizar todo el proceso mencionado" [45, p. 3]. De esta manera, se obtuvo un tiempo aproximado de 54.478 segundos por cada escalón ascendido. Este aspecto tiene un gran impacto en la vida cotidiana del usuario, debido a que, si el proceso es demasiado lento puede generar una carga más al usuario, al no poder realizar sus actividades de manera ágil.

c. Velocidad de rotación

Con respecto a la velocidad del sistema propuesto, se precisa que este mantendrá una velocidad constante. De acuerdo con Gutiérrez y Valverde [27], se define una velocidad moderada de 3m/s; esto con el propósito de "respetar los parámetros establecidos de velocidad y aceleración para la gama poblacional" [43, p. 1]. Para esta aplicación, el sistema se encuentra orientado hacia una población adulta con la capacidad de controlar el dispositivo de forma responsable.

d. Tipo de escaleras

Es necesario limitar el tipo de escaleras apto para realizar el cálculo de la potencia del motor de forma óptima, debido a que, según el estudio realizado por Ortiz [15], la fuerza de tracción es mayor cuando se intenta superar el primer escalón. De igual manera, otros autores coinciden en que las operaciones más críticas durante este desplazamiento, ocurren en la parte superior de la escalera [46].

Además, se debe considerar el mecanismo seleccionado para el desarrollo de este estudio, cuyo principio de funcionamiento es "las orugas generalmente tienen crestas que presionan los bordes de las escaleras y el mecanismo accionado por motor lo ayuda a girar a lo largo de la superficie interna del riel. Esto hace que el dispositivo

suba y baje las escaleras" [13, p. 2].

Siguiendo las recomendaciones de Macedo [45], se limita el dispositivo a aquellas edificaciones que cumplan con la normativa de una escalera recta, sin descansos y de escalones uniformes. Además, se complementa con la sugerencia de que, donde con el objetivo de garantizar la seguridad del usuario, se limita su uso a "cuyas escaleras cumplan con criterios como: altura de la escalera menor a 20 cm y la pendiente menor a 30 grados" [47, p. 3]. Esto debido a que, en el estudio de Candiotti [48] se evidenció el alto riesgo al intentar subir escalones demasiado altos.

B. Ecuaciones previas

En este espacio, se disponen algunas de las ecuaciones empleadas por algunos autores para realizar el cálculo de la potencia requerida por un motor para silla de ruedas. En primer lugar, se evidencia el caso de Ortiz Sarrió [18], quien decide realizar un análisis de momentos estáticos en figuras 2D, empleando la física mecánica. Las ecuaciones empleadas por este autor son:

$$\sum F_x = 0 \quad (1)$$

$$F_{Rx1} - F_{Rx2} = 0$$

$$\sum F_y = 0 \quad (2)$$

$$F_{Ry1} - F_{Ry2} = 1000N$$

Teniendo la "fuerza", se determina un tiempo de subida del escalón de 2.5 seg y una distancia de movimiento del piñón de 0.4m para hallar la potencia:

$$W = F \cdot D \quad (3)$$

$$P = W / t \quad (4)$$

Para un factor de seguridad se multiplica esta potencia por 1.2.

$$S = P \cdot 1.2 \quad (5)$$

Otro artículo que brinda otras posibles ecuaciones a ser empleadas, es el de Torres et al [43], describiendo las siguientes fórmulas:

$$m[\%]=\text{Altura}/\text{Base}*100 \quad (6)$$

Inclinación del terreno (pendiente); suponiendo que se halla la tangente de un triángulo rectángulo.

$$P=F*v \quad (7)$$

Potencia, expresada en Watts, donde W es el trabajo realizado (J) y t el tiempo empleado para realizarlo (seg); o como alternativa, se define como la multiplicación entre F "fuerza", cuya unidad es el Newton, y velocidad en metros/segundo.

$$1\text{Hp}=745.7\text{W} \quad (8)$$

Equivalencia entre caballos fuerza (Hp) y Watts (W), es otra forma de medir la potencia, comúnmente empleada en motores.

$$W=m*g \quad (9)$$

Peso, expresado en Newtons, es el resultado de la multiplicación entre la masa (kg) y la gravedad (9.8m/s²)

$$F=(m*a)+F_f \quad (10)$$

Fuerza para vencer la fricción, es el resultado de la multiplicación entre la masa total que moverá el sistema (kg) y la aceleración de la silla de ruedas."

Finalmente, el último aporte que se mencionará en esta sección de ecuaciones presentes, es el de Pastor y Rodríguez [35], donde se presentan una cantidad de fórmulas un poco más complejas, considerando diversos factores que aunque sean pequeños, incluyen dentro del cálculo del motor.

$$T=(E+Z)/n*S \quad (11)$$

T: Capacidad de carga requerida de cada rueda.
E: Peso propio del aparato de transporte.
Z: Carga máxima.
n: Número de ruedas aplicadas.

S: Factor de seguridad.

$$R_R = \mu_r * M \quad (12)$$

R_R: Resistencia de la rodadura.
 μ_r : Coeficiente de rodadura.
M: Peso total.

$$R_P = M * \frac{x}{100} \quad (13)$$

R_P: Resistencia por pendiente.
M: Peso máximo.
x: Pendiente.

$$R_i = \frac{M * J}{g} \quad (14)$$

R_i: Resistencia por inercia.
M: Peso máximo.
J: Aceleración máxima.
g: Gravedad.

$$J = \frac{V_2 - V_1}{t} \quad (15)$$

J: Aceleración del vehículo.
V_2: Velocidad final.
V_1: Velocidad inicial.
t: Tiempo invertido para pasar de V_1 a V_2

$$R_A = K * S * V^2 \quad (16)$$

R_A: Resistencia por el aire.
S: Superficie maestra (ancho y alto del vehículo multiplicado por 0.8.
V: Velocidad máxima del vehículo.

$$K = \delta * \frac{C}{2g} \quad (17)$$

C: Constante que varía de 0.15 a 1.5.
 δ : Densidad del aire en condiciones normales.

$$W_T = (R_A + R_i + R_P + R_R) * g * v \quad (18)$$

W_T: Potencia en Watts.

$$W_{\text{motor}} = W_T * S \quad (19)$$

W motor: Potencia del motor
S: Factor de seguridad.

$$T = \frac{63000 * P}{N} [\text{lb in}] \quad (20)$$

T: Par motor.
P: Potencia del motor expresada en HP.
N: Velocidad nominal del motor.

$$\omega = \frac{V}{2\pi R} \quad (21)$$

ω : Velocidad angular"

C. Cálculo de la potencia

Para el cálculo de la potencia del motor, se determina que el peso del usuario debe ser inferior a 90kg [49]. Cabe resaltar que, pese a su gran importancia a fin de evitar accidentes como volcaduras [50], en esta ocasión no se considerará el ajuste del centro de gravedad del usuario, debido a que este tema es bastante complejo por sí mismo y requiere un arduo estudio de manera independiente.

En este sentido, el peso total del sistema como se mencionó en el apartado anterior, se considerará de 25kg. Adicionalmente, se agrega un 30% más como margen de error o peso de objetos extra que el usuario puede cargar consigo [43]; para ello, se multiplica el valor de la masa por 1.3.

$$\begin{aligned} m &= 90\text{kg} + 25\text{kg} \\ m &= 115\text{kg} \\ m_{\text{total}} &= 115\text{kg} * 1.3 \\ m_{\text{total}} &= 149.5\text{kg} \approx 150\text{kg} \end{aligned}$$

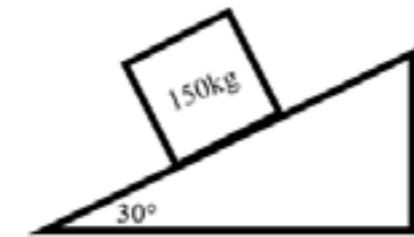
Seguidamente, se calcula el valor del peso en N de la masa obtenida; para ello, se multiplica la masa total por la gravedad, cuyo valor es 9.8m/s².

$$\begin{aligned} W_{\text{peso}} &= 150\text{kg} * 9.8\text{m/s}^2 \\ W_{\text{peso}} &= 1470\text{N} \end{aligned}$$

Para una mejor comprensión del sistema, se grafica en un plano inclinado.

Figura 14. Ubicación de valores en el plano

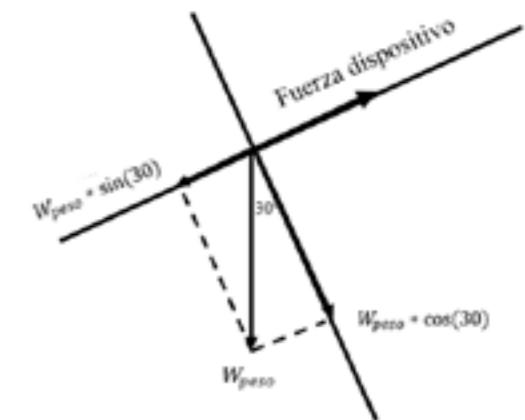
inclinado.



Fuente: Elaboración propia.

Una vez graficado de esta manera, se procede a hacer el desglose de las fuerzas que actúan sobre el sistema. Así, se obtiene un diagrama de fuerzas en plano inclinado.

Figura 15. Diagrama de fuerzas en el plano inclinado.



Fuente: Elaboración propia.

Se emplea la ecuación (1), donde la sumatoria de las fuerzas en el eje x, es igual a cero.

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ F_{\text{dispositivo}} - W_{\text{peso}} * \sin(30) &= 0 \\ F_{\text{dispositivo}} - 1470\text{N} * 0.5 &= 0 \\ F_{\text{dispositivo}} - 735\text{N} &= 0 \\ F_{\text{dispositivo}} &= 735\text{N} \end{aligned}$$

Ahora, utilizando la fórmula (7), considerando el valor de velocidad constante de 3m/s, se obtiene:

$$P=F_{\text{dispositivo}}*v$$
$$P=735N*3m/s$$
$$P=2205W$$

Dado que se desean incorporar 2 motores, se divide la potencia a la mitad para hallar el valor requerido por cada uno.

$$P_{\text{motor}}=2205W/2$$
$$P_{\text{motor}}=1102.5W$$

De esta forma, se obtiene la conversión a caballos fuerza (8):

$$P_{\text{HP}}=1102.5W/745.7W$$
$$P_{\text{HP}}=1.478HP$$

D. Características del motor elegido

Los motores con escobillas son los más utilizados en las sillas de ruedas eléctricas comerciales, debido a que permiten el control de velocidad y sentido mediante la implementación de un driver. En esta ocasión, no se incorpora porque se espera que el dispositivo sea de velocidad constante.

Usualmente, se prefiere que el motor sea de corriente continua y voltaje de 12V. Otra recomendación común es utilizar un motor comercial que cuente con hasta 50 % más de la capacidad dimensionada, con el fin de evitar fallas en los mismos por sobrecarga [27]. Esta reflexión es importante, dado que se debe considerar el momento de alto consumo de corriente al encender el motor (armarlo), para incorporar fuentes de energía que puedan suplir esta característica de inicio típica en los motores DC [51].

4. CONCLUSIONES

En la revisión bibliográfica que se realizó, se demuestra que los seres humanos requieren una pronta y eficiente solución a los problemas de acceso que presentan las personas en condición de discapacidad en sus miembros inferiores, debido a las barreras arquitectónicas que impiden a un gran porcentaje de la población, el libre desarrollo de su libertad y autonomía.

De esta revisión de bibliografía, se resalta que, aunque existen diversos mecanismos de control para los prototipos de sillas de ruedas que permiten el ascenso y/o descenso de escaleras, la mayoría de ellos utilizan el mismo principio de comunicación inalámbrica mediante Bluetooth y la placa Arduino en sus diferentes presentaciones. Esta anotación es relevante en cuanto a la facilidad que ofrecen estos sistemas para que los usuarios manipulen el dispositivo de apoyo, además del ahorro que representa en el costo final de los futuros prototipos, al tratarse de elementos asequibles y económicos.

Se concluye que se logró realizar el cálculo de la potencia requerida por un motor con el fin de efectuar el ascenso y descenso de escaleras, considerando sus dimensiones, peso, factor de seguridad, inclinación de pendiente y demás características acordes con el usuario que manipulará el sistema.

Finalmente, se sugiere a los lectores de este artículo la continuación de esta investigación, con el fin de desarrollar un dispositivo que permita ajustarse a las características de los diversos perfiles de usuarios de sillas de ruedas, para brindar una mejor calidad de vida y una mayor autonomía a las personas en condición de discapacidad.

5. REFERENCIAS

- [1] K. Sasaki, Y. Eguchi, and K. Suzuki, "A Wheelchair with Lever Propulsion Control for Climbing Up and Down Stairs," *IEEE*, p. 4, 2016.
- [2] Organización Mundial de la Salud, "Discapacidad y salud," 2021. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>.
- [3] Infosalus, "No Title," 2019. <https://www.infosalus.com/salud-investigacion/noticia-75-millones-personas-mundo-necesitan-silla-ruedas-solo-15-tiene-20190821172059.html>.
- [4] Comisión Económica Para América Latina, "Discapacidad en América Latina y el Caribe, desafíos para las políticas públicas," 2017. <https://www.cepal.org/notas/74/Titulares2>.

[5] D. Departamento Administrativo Nacional de Estadística, "Estado actual de la Discapacidad en Colombia," 2020. [Online]. Available: <http://www.discapacidadcolombia.com/Estadisticas.htm>.

[6] M. Pineda Lancheros, "Ciudades con limitaciones funcionales: análisis socioespacial de la accesibilidad para usuarios de sillas de ruedas en ciudades de la región andina de Colombia," 2022.

[7] M. C. Durán, "Inclusión laboral de la discapacidad en Colombia: una aproximación a las propuestas de las empresas, las leyes y las experiencias de las personas en condición de discapacidad," Pontificia Universidad Javeriana, 2020.

[8] S. E. Ocampo Rojas and J. S. Gonzales Torres, Evaluación de la accesibilidad de personas en silla de ruedas al sistema de transporte público masivo de Bogotá, Transmilenio. Bogotá, 2020.

[9] Á. Fabian and C. Ordóñez, "Acceso al Transporte Público para Personas con Discapacidad en Bogotá: Caso SITP," *Univ. Nac. Colomb.*, p. 88, 2015, [Online]. Available: <http://www.bdigital.unal.edu.co/49986/1/1098654844.2015.pdf>.

[10] C. E. Vega Rocha, D. P. Díaz Ovalle, M. Z. Marina, and R. J. Cubillos, "Propuesta para la caracterización de la población con discapacidad en el municipio de Chía - Cundinamarca," Corporación Universitaria Minuto de Dios, 2018.

[11] W. Tao, J. Xu, and T. Liu, "Electric-powered wheelchair with stair-climbing ability," *Int. J. Adv. Robot. Syst.*, vol. 14, no. 4, pp. 1–13, 2017, doi: 10.1177/1729881417721436.

[12] G. Quaglia, W. Franco, and M. Nisi, "Kinematic analysis of an electric stair-climbing wheelchair," *Ing. y Univ.*, vol. 21, no. 1, pp. 27–48, 2017, doi: 10.11144/Javeriana.iyu21-1.kaes.

[13] P. Chatterjee, N. Lahiri, A. Bhattacharjee, and A. Chakraborty, "Automated Hybrid Stair Climber for Physically Challenged People," 2021 5th Int. Conf. Electron. Mater. Eng. Nano-Technology, IEMENTech 2021, 2021, doi: 10.1109/IEMENTech53263.2021.9614713.

[14] T. C. Jiang, S. H. Yin, and E. Tanaka, "Wheelchair Able to Assist the Elderly to Move on Stairs and Stand up," 2019 58th Annu. Conf. Soc. Instrum. Control Eng. Japan, SICE 2019, no. c, pp. 1168–1173, 2019, doi: 10.23919/SICE.2019.8859944.

[15] P. F. Ortiz Lomas, Simulación de una silla de ruedas autónoma que permita subir y bajar escaleras. Ibarra, 2018.

[16] GRINDDA, "Modelado de plataforma salvaescaleras móvil para pacientes en condición de discapacidad," GRINDDA, pp. 55–61, 2019.

[17] A. Francés García, "Diseño de un sistema de tracción de una silla de ruedas basada en una oruga con geometría adaptable," 2021.

[18] J. Ortiz Sarrió, Diseño y estudio técnico de un dispositivo de ayuda para sillas de ruedas de discapacitados. València, 2018.

[19] C. Zheng and K. Lee, "WheelLeR: Wheel-leg reconfigurable mechanism with passive gears for mobile robot applications," *Proc. - IEEE Int. Conf. Robot. Autom.*, vol. 2019-May, no. May, pp. 9292–9298, 2019, doi: 10.1109/ICRA.2019.8793686.

[20] B. D. Castillo, Y. F. Kuo, and J. J. Chou, "Novel design of a wheelchair with stair climbing capabilities," *ICIIBMS 2015 - Int. Conf. Intell. Informatics Biomed. Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 208–215, 2016, doi: 10.1109/ICIIBMS.2015.7439508.

[21] H. Antono, L. M. Robbi, E. S. Ningrum, and D. S. Purnomo, "Design, stress analysis and determination of: center of gravity on stair climber wheelchair," *Proc. IES-ETA 2017 - Int. Electron. Symp. Eng. Technol. Appl.*, vol. 2017-Decem, pp. 118–122, 2017, doi: 10.1109/ELECSYM.2017.8240389.

[22] L. A. M. Riascos, "A low cost stair climbing wheelchair," *IEEE Int. Symp. Ind. Electron.*, vol. 2015-Sept, pp. 627–632, 2015, doi: 10.1109/ISIE.2015.7281541.

[23] P. Castillo, J. Rey, L. Rizo, and C. Aceves,

"Independencia en usuarios de sillas de ruedas durante sus actividades de la vida diaria. Un análisis usando los lentes de la ergonomía y el diseño," *Ergon. Investig. y Desarro.*, pp. 22–34, 2020.

[24] J. Molino Díaz, "Silla de ruedas de bajo coste, destinada a minusválidos, en países de escasos recursos económicos," Universidad Politécnica de Madrid, 2018.

[25] L. Tuersley, N. Bray, and R. Tudor Edwards, "Development of the wheelchair outcomes assessment tool for children (watch): A patient-centred outcome measure for young wheelchair users," *PLoS One*, vol. 13, no. 12, pp. 1–16, 2018, doi: 10.1371/journal.pone.0209380.

[26] L. H. V. Van Der Woude, D. J. E. J. Veeger, and R. H. Rozendal, "Ergonomics of wheelchair design: A prerequisite for optimum wheeling conditions," *Ergon. Wheel. Des. A Prerequisite Optim. Wheel. Cond.*, vol. 6, no. 2, 2014, doi: 10.1123/apaq.6.2.109.

[27] E. J. Gutiérrez Castillo and J. S. Valverde Coronel, "Diseño de un sistema electromecánico para automatizar sillas de ruedas, que proporcione autonomía a personas con discapacidad para desplazarse." Trujillo- Perú, 2020.

[28] D. M. Castanier Muñoz and E. V. Mendía Idrovo, "Diseño, Construcción E Implementación De Una Silla De Ruedas Eléctrica Plegable Para Una Persona Con Problemas De Movilidad." 2018.

[29] A. J. Ayala Pumachay, "Diseño de silla de ruedas económica para el desplazamiento en escaleras-Piura, 2019. Piura - Perú, 2019.

[30] J. I. Valero Méndez, "Silla de ruedas reclinable para personas con movilidad reducida.pdf," Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, 2020.

[31] D. Delgado-Mena, E. Pereira, C. Alen-Cordero, S. Maldonado-Bascon, and P. Gil-Jimenez, "Control

architecture for a novel leg-based stair-climbing wheelchair," 2021 10th Eur. Conf. Mob.

Robot. ECMR 2021 - Proc., 2021, doi: 10.1109/ECMR50962.2021.9568794.

[32] M. E. Sol, O. Verschuren, L. de Groot, and J. F. de Groot, "Development of a wheelchair mobility skills test for children and adolescents: Combining evidence with clinical expertise," *BMC Pediatr.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–18, 2017, doi: 10.1186/s12887-017-0809-9.

[33] B. J. A. Vargas Guevara, "Diseño de una silla de ruedas autónoma para el desplazamiento en escalera en edificaciones," Universidad César Vallejo, 2020.

[34] L. F. Bedón Vásquez, "Sistema de control para la movilidad y extensión de una silla de ruedas eléctrica de bipedestación," Universidad Técnica de Ambato, 2017.

[35] F. A. Pastor Espinoza and J. A. Rodríguez Flores, "Mejoramiento de la Autonomía de Desplazamiento de Personas Paraplégicas, Mediante la Adaptación de las Sillas de Ruedas Convencionales." Trujillo- Perú, 2021.

[36] J. A. Arcia Hernández, "Crear una silla de ruedas eléctrica de bajo costo para personas con discapacidad motriz controlada por un dispositivo manual y móvil con sistema operativo Android," Universidad de Córdoba, 2015.

[37] T. M. Kota Rajasekhar and M. Sugadev, "Arduino Controlled Special Stair Climbing Wheel Chair Bot," *Int. J. Pure Appl. Math.*, vol. 118, no. 24, 2018.

[38] S. Kulkarni, B. Ballal, H. Vaishya, Y. Mehta, and P. Mokal, "Staircase climbing smart wheelchair," *Proc. Int. Conf. Electron. Commun. Technol. ICECA 2017*, vol. 2017-Janua, pp. 543–546, 2017, doi: 10.1109/ICECA.2017.8203596.

[39] J. E. Villanueva Dávila and C. A. Ríos López, "Aplicación de un sistema de control por voz para reducir el esfuerzo del desplazamiento en silla de ruedas de personas con discapacidad," *Rev. Científica Sist. e Informática*, vol. 1, no. 1, pp. 51–57, 2021, doi: 10.51252/rcsi.v1i1.93.

[40] K. J. Campos Verdi, "Diseño de acople mecánico para automatización de sillas de ruedas

convencionales," Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016.

[41] Mi. Á. Fornell Sánchez and O. D. Velóz Segarra, "Diseño E Implementación De Un Sistema De Control De Una Silla De Ruedas Eléctrica Mediante Sensores Mioeléctricos Eog/Emg," pp. 1–94, 2015.

[42] M. Á. Altamirano Mego and E. F. Revilla Pérez, "Diseño y construcción del control de silla de ruedas motorizada basada en señales EEG para personas con severa discapacidad en el Hospital Regional de Lambayeque," Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2017.

[43] Y. Torres, H. Isidro, M. Pinto, C. Alberto, and L. Medina, "Tema A1a Diseño Mecánico infantil en condición de discapacidad de Tunja," 2020.

[44] R. I. Castillo Castillo, N. Chávez Martínez, and J. E. León Gabriel, "Diseño de un exoesqueleto para rehabilitación de miembro inferior," Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco, 2016.

[45] C. E. Macedo Meza, "Análisis cinemático en el diseño conceptual de un mecanismo tipo clúster para el desarrollo de una silla de ruedas eléctrica con capacidad de ascenso en escaleras rectas." Perú, 2018.

[46] S. R. Thamel, R. Munasinghe, and T. Lalitharatne, "Motion Planning of Novel Stair-Climbing Wheelchair for Elderly and Disabled People," *MERCon 2020 - 6th Int. Multidiscip. Moratuwa Eng. Res. Conf. Proc.*, pp. 590–595, 2020, doi: 10.1109/MERCon50084.2020.9185273.

[47] M. F. I. Suryanto, N. A. Badriawan, E. S. Ningrum, E. H. Binugroho, and N. F. Satria, "Balance Control on the Development of Electric Wheelchair Prototype with Standing and Stair Climbing Ability with Tracked-Wheel Mechanism," 2018 Int. Electron. Symp. Eng. Technol. Appl. IES-ETA 2018 - Proc., pp. 43–47, 2019, doi: 10.1109/ELECSYM.2018.8615523.

[48] J. L. Candiotti et al., "A Heuristic Approach to Overcome Architectural Barriers Using a Robotic

IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng., vol. 27, no. 9, pp. 1846–1854, 2019, doi: 10.1109/TNSRE.2019.2934387.

[49] Z. Lu, W. Huang, X. Wang, F. Yan, M. Li, and Z. Yan, "Study of the under actuated stair-climbing wheelchair," 2017 2nd Int. Conf. Adv. Robot. Mechatronics, ICARM 2017, vol. 2018-Janua, pp. 178–183, 2018, doi: 10.1109/ICARM.2017.8273156.

[50] N. Jyoti Baishya and H. Ogai, "Wa-Chair: A concept for development of economical stair-climbing wheelchair," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 307, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/307/1/012010.

[51] E. Guerrero, J. Linares, E. Guzmán, H. Sira, G. Guerrero, and A. Martínez, "DC Motor Speed Control through Parallel DC/DC Buck Converters," *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 15, no. 5, 2017, doi: 10.1109/TLA.2017.7910194.

Revisión sistemática de literatura sobre la aplicación de visión artificial en dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual.

Julián David Rodríguez Peña
Rodriguezdavid.co10@gmail.com
Ingeniero DevOps Quind

RESUMEN: Este documento presenta una revisión sistemática de literatura centrada en la aplicación de visión artificial en dispositivos de asistencia para personas que sufren de discapacidad visual con el objetivo de obtener una visión clara sobre el progreso de la tecnología y técnicas empleadas durante los años 2018 al 2022 en diferentes estudios relevantes hallados en bases índice, como Google Scholar, Scopus, Semantic Scholar, Web of Science, IEEExplore, ProQuest, Springer y PubMed. De un total de 68 publicaciones, se determinaron 50 artículos clasificados en cuatro ámbitos: reconocimiento facial, detección de objetos, reconocimiento de caracteres y sistemas de posicionamiento u orientación.

Se evidencian tendencias de aplicación con técnicas que permiten abrir campos donde la tecnología tiene un desafío que en cierta medida, es un apoyo a las personas que presentan baja visión y plantean mecanismos para mejorar la calidad de vida. De este modo, se pretenden obtener pautas básicas para analizar los equipos más relevantes que cumplan con dicha finalidad.

Palabras clave: Tecnologías de asistencia, Visión Artificial, Discapacidad Visual, Reconocimiento Facial, Detección de Objetos.

ABSTRACT - This document presents a systematic review of the literature focused on the application of artificial vision in assistive devices for people suffering from visual impairment with the aim of obtaining a clear vision of the progress of technology and techniques used during the years 2018 to 2022 in different relevant studies found in index bases such as Google Scholar, Scopus, Semantic Scholar, Web of Science, IEEExplore, ProQuest, Springer and PubMed. Of a total of 68 publications, 50 articles classified into four areas were

determined: facial recognition, object detection, character recognition and positioning or orientation systems. Application trends are evident with techniques that allow opening fields where technology has a challenge that to a certain extent is a support for people with low vision and propose mechanisms to improve the quality of life. In this way, it is intended to obtain basic guidelines to analyze the most relevant equipment.

Keywords: Assistive Technologies, Artificial Vision, Visual Impairment, Facial Recognition, Object Detection.

1. INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial es una rama de la informática con profundas raíces en otros campos como la lógica y la cognición. En este marco, la visión artificial como sustituto de la visión humana, es un mecanismo importante en el desarrollo de dispositivos de asistencia a personas ciegas y débiles visualmente. De esta forma, trata de implementar en computadoras el desarrollo de herramientas caracterizadas en la réplica de procesos o habilidades de inteligencia humana, en las que son incluidos algoritmos de aprendizaje profundo, reconocimiento y razonamiento, debido a que por medio de ellos, se consigue entrenar a dichas máquinas para que posteriormente, como resultado, obtengan la capacidad de tomar decisiones de manera autónoma.

Los desarrollos o avances tecnológicos han sido netamente especializados en cuanto a la inteligencia artificial para lograr novedosas perspectivas y así mismo, resultados prometedores enfocados a la emulación del intelecto humano.

Según estudios de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se estima que en el mun-

do hay al menos 2200 millones de personas con deficiencia visual, en donde casi la mitad de esta población, correspondiente a países en vía de desarrollo, padece de deterioro por errores de refracción, glaucomas y cataratas, razones o causas decisivas en la pérdida visual [1]. Por otra parte, la población restante que pertenece a países avanzados, padece de deterioro o deficiencia por enfermedades degenerativas en relación con la edad, por cuanto en estudios realizados se obtiene que el mayor número de personas afectadas se encuentran entre los 50 años o más, aunque las cifras tanto en la población infantil como joven, son considerables [2].

En América Latina, que cuenta con una población aproximadamente de 630 millones de personas, se reporta una prevalencia promedio de ceguera de 0.37% y de deficiencia visual moderada a severa del 1.98%[3]; esto significa que en esta región hay alrededor de 15 millones de personas con algún grado de discapacidad visual, lo cual es ligeramente inferior a la reportada en promedio para el mundo.

A este respecto, en Colombia según el censo realizado en el año 2018, se evidenció que la discapacidad visual es la de mayor prevalencia entre las discapacidades existentes con un 62.7%, en donde, de un total de 3.134.036 personas con discapacidad, 1.948.332 de ellas, están discapacitadas visualmente [4]. En efecto, la visión es un medio por el cual los humanos realizan tareas o actividades día a día, lo que trae como consecuencia para las personas que sufren alguna deficiencia visual, diversas dificultades tales como: restricciones, limitaciones, condicionamientos y eventualidades que, como resultado, pueden causar un aumento degenerativo de dicha deficiencia.

Por otra parte, la población con baja visión transita por necesidad a través de sitios desconocidos donde el bastón termina siendo un apoyo imprescindible o en la mayoría de casos, está sujeto a un compañero o canino entrenado para movilizarse. Aunque en ocasiones no hay posibilidad alguna para el empleo de otras alternativas que conlleven a un correcto desplazamiento por ciertos sectores, estas personas tratan de no solici-

tar apoyo arriesgando su vida, con el propósito de demostrar autonomía y de esta forma, encajar en el círculo social. No obstante, estos soportes tienen sus desventajas y limitantes, debido a que el bastón solo proporciona información del entorno en cierto rango, que no protege a la persona de obstáculos, como por ejemplo, al nivel de la cabeza y de la cintura. Y con respecto al guía canino, se requiere un alto costo para su entrenamiento, acople y coordinación [5].

Ahora bien, justamente al conocer estas prevalencias, se están realizando acciones o generando proyectos tecnológicos orientados hacia la creación de soluciones focalizadas a personas con problemas de salud visual, para mejorar su calidad de vida y en consecuencia, facilitar su independencia y seguridad [6]. Por tanto, actualmente se están desarrollando mecanismos y dispositivos electrónicos basados en diferentes matrices de sensores con la finalidad de que estos sean más eficientes en cuanto a la detección de elementos que obstaculizan, sistemas de cámaras con algoritmos de visión por computadora y técnicas de IA para el reconocimiento facial, lectura de textos y detección de objetos en el entorno; estas son las principales tecnologías determinadas para la asistencia de quienes tengan la visión reducida [7].

En este artículo se busca hacer una revisión sistemática de literatura que presente la capacidad de los sistemas, prototipos, dispositivos y técnicas enfocadas en visión artificial, para la asistencia en movilidad y autonomía de personas con deficiencia visual.

II. METODOLOGÍA

Se realizó una investigación descriptiva utilizando un tipo de mapeo sistemático. El método adoptó una revisión de la literatura, al igual que una revisión exploratoria en fuentes de información secundarias, como bases de datos índice de artículos relacionados. Para llevar a cabo esta revisión sistemática, se dividió el proceso en la definición del objetivo de investigación, preguntas de investigación, método de búsqueda, cadenas implementadas y asimismo, los criterios de selección.

En este sentido, se realizó una categorización de los estudios e investigaciones existentes relacionadas con la visión artificial y su relevancia en la discapacidad visual para obtener una percepción global de las tendencias y técnicas utilizadas en esta área de investigación.

Se plantearon dentro de esta revisión sistemática, las siguientes preguntas:

- A partir del año 2018, ¿cuáles han sido las propuestas tecnológicas para los discapacitados visuales basadas en visión artificial?
- ¿Qué técnicas y algoritmos de visión artificial fueron implementados en las investigaciones encontradas?

En relación con el desarrollo de la investigación bibliográfica, esta revisión se centró en bases de datos, tales como: ProQuest, Springer, PubMed, Dialnet y IEEExplore a través de la búsqueda por cadenas de keywords: "artificial vision", "visual disability", "impaired people", y operadores booleanos: "AND" y "OR", con el fin de obtener búsquedas más específicas.

Ahora bien, teniendo en cuenta pautas específicas en la estrategia de búsqueda, con el objetivo de abarcar documentos pertinentes y decisivos, se obtuvieron las siguientes consideraciones en los criterios de inclusión:

1. Publicaciones dirigidas a las problemáticas de los discapacitados visuales, desarrollo de prototipos y dispositivos con visión artificial enfocados a la atención de los discapacitados visuales.
2. Estudios publicados en español e inglés.
3. Estudios nacionales e internacionales.

Criterios de exclusión:

1. Publicaciones anteriores al año 2018.
2. Artículos y documentos no relacionados con el objeto de estudio como los relacionados con el diagnóstico de la discapacidad visual.

La principal limitación encontrada en la realización de la revisión, correspondió a publicacio-

nes relacionadas con la implementación de la visión artificial en procesamiento de imágenes para diagnóstico de la discapacidad visual.

Las cadenas o descriptores de búsqueda aplicados a las diferentes bases de datos utilizadas y la cantidad de resultados generados, se presentan en la tabla 1. **falta título**

Base de datos	Cadena aplicada	Resultados
Google Scholar	"visión artificial" AND "ciegos"	8
Google Scholar	"visión artificial" + "reconocimiento de objetos"	11
Semantic Scholar	"vision artificial" AND "no videntes" OR "discapacidad visual"	4
ProQuest	"artificial vision" + "blind" OR "impaired people"	6
ProQuest	Visión artificial AND discapacidad visual	5
Springer	Deep learning AND visual disability	4
PubMed	Artificial vision AND impaired people	2
Dialnet	Visión artificial AND discapacidad visual	4
IEEExplore	artificial vision AND blind, artificial vision AND Impaired People	6

III. DISCUSIÓN

TECNOLOGÍAS DE ASISTENCIA

La dificultad en la movilidad y autonomía de personas con discapacidad visual, se convierte en el problema más común que deben enfrentar para realizar las actividades o tareas diarias, puesto que el desplazamiento y orientación de manera autónoma, son acciones que dependen directamente del sentido de la visión. De esta manera, hay decenas de millones de individuos con discapacidad visual en todo el mundo que tienen que pasar por esta experiencia y depender de los demás para su bienestar y felicidad. La

visión, para empezar, es la parte más importante de la psicología humana, considerando que el 83% de la información que una persona obtiene del entorno, es por medio de la vista [8].

En consecuencia y teniendo en cuenta que el mundo cada vez más está conectado con la tecnología y con la creciente necesidad de generar autonomía en las personas con algún tipo de discapacidad, las industrias están en búsqueda constante de crear soluciones exitosas, de bajo costo y factibles [8]; por lo anterior, es necesario que la población con deficiencia visual acuda a técnicas y dispositivos que sean empleados como asistentes en el desempeño de su vida cotidiana.

Con la llegada de visión por ordenador y la inteligencia artificial, la situación mejoró en gran medida, puesto que los diseños propuestos en los diferentes dispositivos asistentes son capaces de realizar diversas funciones [9]. El procesamiento de señales digitales ha permitido extraer información de una señal analógica, convirtiéndose en una señal digital para tomar decisiones sobre ella; es así que, dentro de las señales digitales se encuentran las imágenes, que después de acondicionarlas y tratarlas [10], se emplean para proporcionar un instinto visual a través de áreas de aplicación, tales como el reconocimiento facial, la detección de objetos, el reconocimiento de caracteres, además de sistemas de posicionamiento u orientación.

Asistencia basada en reconocimiento facial.

La tecnología de asistencia basada en la visión por computador para los discapacitados visuales, sigue siendo un campo de investigación en curso, donde el objetivo fundamental, como se ha recalado, es ampliar las fronteras de esta población proporcionando un mayor grado de independencia en sus actividades diarias [11].

En esta dirección, mediante los beneficios que proporciona la herramienta de reconocimiento facial en la cotidianidad, se establece que estos sistemas están en pleno auge; se toma como ejemplo, las distintas plataformas como Facebook, el cual realiza dicho reconocimiento por medio de fotografías, identificando a las perso-

nas a través de sus bases de datos; o de dispositivos celulares, los cuales tienen la capacidad artificial de desbloquearse con solo mirarlos [12]. Por ende, implementando la misma lógica de algoritmos, se están desarrollando dispositivos con el objetivo de detectar expresiones como la sonrisa, la sorpresa o la neutralidad, para mejorar la interacción emocional y la comunicación entre personas con deficiencia visual.

Por consiguiente, el proceso de visión artificial del sistema se basa en el reconocimiento de movimientos de los ojos, para lo cual se deben extraer características que determinen la identificación facial, el reconocimiento de acciones y finalmente, la detección automática de patrones [13].

En [14], se implementó un dispositivo de visión artificial que permitió reconocer rasgos emocionales del rostro y transformarlos en señales de vibración para personas con discapacidad visual, a fin de generar interacción en tiempo real facilitando expresiones emocionales.

Mediante el módulo de Cámara Pi implementada en el ordenador Raspberry Pi 3, se llevó a cabo la adquisición del video frame por frame. Posteriormente, se efectuó el procesamiento de imágenes, un filtro y el dimensionamiento; por otra parte, mediante el uso de clasificadores Haar-cascades se realizó la detección de rostros en tiempo real, con una excelente resolución de imagen.

Todos los clasificadores: sonrisa, sorpresa y neutral, fueron entrenados para reconocimiento específicamente de parte de la boca, ya que es la parte más expresiva del rostro. Se evidenció que, al realizar capturas de imágenes a varias personas, hubo dificultades al generar una plantilla en común con el reconocimiento de ojos, mejillas y nariz, con todos los individuos. Como base de datos, se utilizaron 1039 imágenes positivas en diferentes ambientes para detección de sonrisa.

Los Haar-cascades realizados sirvieron para la detección de la parte frontal del rostro con pequeñas desviaciones de orientación; este logro se alcanzó mediante el uso de una combinación secuencial de clasificadores, de modo que se determinara que una imagen es una cara, solo

si todos los clasificadores en la cascada la identificaran correctamente como un rostro [15].

De la misma manera que [16], el reconocimiento facial se realizó mediante el algoritmo Haar-Cascade y los rostros detectados se buscaron en una base de datos previamente desarrollada. La faz de cada persona tiene diversos picos y valles, mismo que conforman los rasgos faciales; estos picos y valles se denominan puntos de referencia, representados por nodos. Entonces, si una cara tiene alrededor de 80 nodos que se utilizaron en el proceso de búsqueda, cuando se encuentra una cara coincidente, se emite la voz correspondiente.

Sin embargo, el nivel de confiabilidad del prototipo varía con condiciones, tales como: la distancia, la comparación y luminosidad. La tasa o niveles de reconocimiento son altos si los prototipos tienen el perfil fotográfico correcto para garantizar comparaciones óptimas [17].

Asistencia basada en la detección o reconocimiento de objetos. **título en negrilla**

Las personas con deficiencia visual, suelen desconocer el peligro al que se enfrentan en su vida diaria, porque pueden enfrentar muchos desafíos socioculturales y del entorno al realizar diversas tareas [18]. Uno de los problemas que las personas no videntes poseen, es que no pueden evadir obstáculos que están fuera del alcance de su bastón o lazarillo; por consiguiente, es muy común que este grupo de individuos tienda a chocar con objetos que se encuentran elevados o poseen partes salientes. Además, con el uso de la herramienta tradicional no se les facilita identificar qué tipo de obstáculo es el que se interpone en su camino y si éste representa algún tipo de peligro [19].

Entre las diversas tecnologías utilizadas para ayudar a las personas invidentes, las soluciones basadas en visión artificial son una de las opciones más prometedoras debido a su asequibilidad y disponibilidad [20]. Los algoritmos de detección implementados poseen altos rendimientos de procesamiento [21].

Con base en lo anterior, ha sido posible probar cómo los modelos discrimi-

nativos pueden detectar razonablemente objetos independientes, pero el problema con estos modelos es que no existen técnicas efectivas para todo tipo de objetos. Siendo así, este hecho comenzó a cambiar con el concepto de "aprendizaje profundo", que fue introducido por primera vez en "machine learning" por Rina Dechter en 1986 y en las redes neuronales artificiales por el matemático Igor Aizenberg en 2000 [22].

En este marco, [23] proporciona detección de objetos haciendo uso de Raspberry Pi, módulo de cámara, sensores ultrasónicos y módulo de GPS, donde la retroalimentación es recibida a través de audio.

Así las cosas, la información del exterior o entorno se obtiene mediante una cámara de visión con un sensor de profundidad utilizado para obtener las distancias [24]. De este modo, el módulo de la cámara es utilizado para tomar fotografías de los objetos y comparar estas imágenes con la base de datos previamente desarrollada, donde posteriormente se recibe retroalimentación a través de los auriculares, además, los sensores ultrasónicos producen ondas sonoras de alta frecuencia. Por tanto, se genera un proceso de evaluación del eco recibido por el sensor donde es calculado el intervalo de tiempo entre el envío de la señal y la recepción del eco para determinar la distancia al objeto.

Así que, estos sistemas de asistencia basados en la información visual para el reconocimiento de objetos que rodean al usuario, se apoyan en un conjunto de sensores para captar u obtener dicha información y de alguna manera transmitir de cierto modo la alerta a la persona. Ahora bien, [25] basándose en esto, desarrolló un sistema de visión por ordenador en el contexto de visita al supermercado para comprar alimentos.

La ejecución del proyecto, se basó en el desarrollo de una aplicación con el objetivo de asistir a las personas con discapacidad visual en su vida diaria. A este respecto, el sistema propuesto estuvo conformado por 3 sensores/dispositivos; una cámara que se acopló a la cabeza/anteojos u otras partes del cuerpo de una persona; luego se adquirió un dispositivo móvil con una imagen y, se aplicó el método propuesto, obteniendo in-

formación significativa sobre lo que se vio en la cámara; posteriormente, junto con un conjunto de auriculares, se conectó a la aplicación y se proporcionó al usuario retroalimentación auditiva acerca de la información obtenida previamente, a través de la tecnología de texto, a voz.

Luego, se decidió integrar los componentes anteriores en una aplicación móvil ligera y compacta. De esta forma, las principales herramientas utilizadas fueron: el motor de juegos Unity para gráficos de aplicaciones, TensorFlow para extraer características de modelos de aprendizaje profundo con el fin de clasificar pistas, estantes, productos, entre otros; y Vision API en Google Cloud, para OCR con el propósito de encontrar descripciones de pasillos, estantes y asimismo, de productos.

Entre los errores obtenidos se encontró, la detección de un falso negativo, como por ejemplo, un caso o situación donde no se reconoció una de las características del objeto. Así pues, para mejorar el rendimiento del reconocimiento y reducir estos casos de error, se estipuló el volver a entrenar la red con más imágenes de muestra, teniendo en cuenta cambios de orientación de las tomas, diferentes condiciones de brillo, diferentes distancias y generando segmentaciones manuales de manera más puntual [26].

Siguiendo esta línea, se recomienda que la iluminación y el entorno sean tenidos en cuenta para que el programa funcione correctamente, ya que estas variables deben controlarse para evitar errores de detección de movimiento o reflejos de luz que provoquen el detectar algo que no existe. Se puede evidenciar que en caso de luz natural insuficiente o bien, si el color del objeto es el mismo que el color de fondo, el programa no es competente. Esto también sucederá si el usuario cambia el umbral a un número demasiado bajo o demasiado alto, trayendo como consecuencia, una detección no eficiente [27].

Un caso de éxito relacionado con la detección correcta de objetos, es el sistema desarrollado por [28], donde gracias al detector YOLOv3 y sus pesos preentrenados, se pueden detectar múltiples objetos pertenecientes a diferentes categorías,

proporcionando una detección de objetos de alta precisión. El sistema puede grabar 20-30 fotogramas por segundo sin problemas.

Este sistema produce como resultado un tiempo de ejecución más rápido y una complejidad de tiempo reducida sin degradación del rendimiento. Así pues, la autonomía de cualquier sistema de control se convierte en una característica importante a considerar [29]. Pues bien, para [30], al diseñar el dispositivo que tuvo como objetivo la identificación de billetes, el tiempo fue un problema en la ejecución, puesto que en la etapa de procesamiento obtuvo como resultado 2,41 minutos desde la adquisición de la imagen del billete, hasta la liberación de su valor nominal.

Unido a lo anteriormente presentado, una aplicación que brinde asistencia con autonomía a las personas con deficiencia visual, se debe basar -además de detectar y reconocer objetos genéricos e identificar billetes en el reconocimiento del número de líneas de autobuses del transporte público, sin la necesidad de solicitar ayuda. Para ello, Maina et al. [31], presentaron el método de combinar visión por computadora y análisis de imágenes obtenidas, a través de dispositivos móviles estándar para generar robustez en la herramienta. Ellos evaluaron una arquitectura modular basada en detectores de objetos y en el reconocimiento óptico de caracteres.

Durante todo el desarrollo, se observó que la mayoría de las detecciones realizadas, tenían espacios demasiado amplios, además de la inclusión del número del autobús buscado y el registro de todos los nombres de los destinos que lo conformaban.

Aunque estas aplicaciones y prototipos sugieren resultados prometedores, asimismo ofrecen un buen compromiso entre fiabilidad, coste y flexibilidad, aspectos que resultan especialmente atractivos para los sistemas de asistencia a la conducción, mismos que aún no han alcanzado el nivel de precisión y robustez requerido actualmente [32].

Asistencia basada en reconocimiento de caracteres. **en negrilla**

En la sociedad actual, el proceso de adquisición del conocimiento humano depende principalmente de la vista, porque este se adquiere principalmente a través de ella, según [33]. Por esto, el tener acceso a información impresa es una de las grandes limitaciones que padecen las personas con deficiencia visual [34], pues el acceso a periódicos, libros, revistas, señales en la calle e información de productos, es una tarea muy común en el diario trasegar de la población.

Tomando en cuenta que no le es fácil acceder a la alfabetización y que un porcentaje mínimo aprende Braille, puesto que no cuenta con una herramienta acorde que le ayude a conocer el mundo de la lectura y la escritura [35], surgen propuestas como utilizar la visión artificial, herramienta didáctica que orienta a los invidentes hacia su formación personal [36], a fin de que esta población esté más conectada e incluida en los procesos de aprendizaje [37].

El desarrollo de técnicas de reconocimiento óptico de caracteres (OCR), definido para proporcionar reconocimiento alfanumérico completo de caracteres impresos o escritos a mano [38], han permitido el desarrollo y emersión de múltiples dispositivos de lectura para personas con discapacidad visual [39]. De esta forma, los sistemas pueden adecuarse a diferentes características de cada una de las personas con deficiencia visual [40]. Para ello, se han desarrollado sistemas capaces de identificar la información con el objeto de transmitirlo de una manera paralela a la que capta la persona con deficiencia visual [41].

Actualmente, se encuentra este funcionamiento en gafas, que para Basantes et al. [42], a fin de mejorar la capacidad de desenvolvimiento del entorno de esta población, han desarrollado un prototipo para lectura de texto mediante visión artificial asistido por audio, el cual a través de programación en lenguaje Python, fue procesado utilizando técnicas de reconocimiento de caracteres, obteniendo resultados positivos, puesto que el texto fue reconocido, la pronunciación de la voz del sistema fue clara, la distancia mínima de reconocimiento fue de 20 cm y todos los usuarios entrevistados tuvieron la claridad del texto, el volumen y la velocidad de audición lo suficiente-

mente alta como para comprender el contenido.

El problema con estas aplicaciones, consistió en la dificultad para los usuarios con visión nula, apuntar la cámara al texto correctamente enmarcado, además de que se carecía de buena iluminación para que el dispositivo funcionara correctamente; así lo evidenció Chinchero [43], quien, al capturar una imagen con una luz tenue, el OCR confundió las letras y presentó símbolos en lugar de letras. No obstante, se comprobó que el algoritmo diseñado fue capaz de realizar una detección correcta para documentos con un tipo de letra diferente al tipo de letra propuesto.

Sin embargo, esta técnica de OCR, es utilizada en escuelas, periódicos y en algunas compañías a nivel mundial.

Asistencia basada en orientación.

El hombre es esencialmente un ser que camina, pero al limitar su movilización y orientación, se crean conflictos internos que afectan su nivel de autoestima. La movilidad, o la capacidad de moverse de forma independiente, incluye técnicas de aprendizaje que permiten a las personas con discapacidad visual caminar en línea recta, seguir puntos de referencia, cruzar calles y utilizar el transporte público [44].

Se han implementado varias aplicaciones cuyo objetivo es mejorar el movimiento seguro y cómodo de las personas con discapacidad visual. Diversas herramientas y tecnologías se basan en brindar información a las personas con esta discapacidad, empleando sus sentidos como el olfato, el tacto y el oído [45].

A pesar de ello, una problemática unida a lo anteriormente expuesto, es la que viven los deportistas con discapacidad visual que, como cualquier otra discapacidad, también experimentan restricciones, las cuales representan un constante desafío; en particular, la falta de precisión visual hace que las situaciones en entornos como estadios, pistas y otros escenarios, sean difíciles de realizar [46].

En este sentido, Rojas et al. [47], desarrollaron

un prototipo para que la persona no vidente pudiera recorrer el circuito de la pista sin asistencia de una persona vidente, como se acostumbra para este tipo de población deportiva, mediante visión artificial, que le permite al atleta poder correr dentro de su carril.

Paredes et al. [48], proponen un sistema de posicionamiento, usando visión artificial y redes de actuadores para disminuir el error de trayectoria de personas invidentes dentro de piscinas semiolímpicas, eliminando así el método manual tapping, donde el sistema consta de 3 nodos: uno de adquisición de imágenes, compuesto por una cámara USB; otro, de procesamiento de imágenes adquiridas y por último, el nodo receptor en forma de chaleco conformado por un módulo NodeMCU, que permite la comunicación a través de WIFI.

Los anteriores autores concluyen de este módulo que, a pesar del mayor tiempo de procesamiento, éste no afecta el funcionamiento del prototipo, ni genera retardos en la ejecución, manteniendo una visualización fluida de video.

Es importante resaltar, que la detección de áreas transitables y obstáculos es transcendental, porque esta información es utilizada por algoritmos para la planificación de rutas, la evitación de obstáculos y los sistemas de asistencia [49] para personas con discapacidad visual.

De hecho, debido a la falta de semáforos de tres tiempos, las personas con nula o baja visión, no saben cuándo cruzar la vía, las ciclovías, las aceras y los caminos. La falta de señalización causa que las personas con discapacidad visual tengan problemas para cruzar. Es por esto que Segura [50], diseñó un dispositivo, a partir del cual realizó la captura de imágenes; posteriormente, efectuó el procesamiento de estas mediante un algoritmo para determinar el tipo de señales que se tenían y por último, generó el proceso de enviar un mensaje al usuario indicando la señal de tránsito que se tenía en la imagen.

La ventaja de este sistema, consiste en que proporciona mapas de profundidad directamente, lo que reduce los cálculos de la CPU y tiene un costo relativamente bajo. La desventaja, es que su correcto funcionamiento suele ser en interi-

ores, ya que su modo de operación se basa en un proyector y un sensor de infrarrojos, donde estos pueden verse interferidos por factores externos.

IV. ANÁLISIS

El diseño de este estudio se realizó a través de un proceso de mapeo del sistema, cuyos criterios permitieron la descripción detallada del protocolo, así como su desarrollo, el análisis de la problemática, los resultados obtenidos, y las conclusiones.

De la información obtenida se colige que, los diversos prototipos o sistemas de asistencia para las personas con deficiencia visual, deben poseer varias cualidades y parámetros que soporten o bien sea, garanticen su función de apoyo hacia ellas, que correspondan a una interfaz sencilla, al igual que a un correcto desempeño en diferentes ambientes y condiciones de iluminación, capacidad para detección de objetos estáticos y en movimiento, que permitan analizar cualquier obstáculo en la ruta o camino, además de la integración del software con un hardware adecuado para el tratamiento o procesamiento de la información. Estas propiedades son la base para el diseño y la implementación de dispositivos de asistencia, puesto que cada característica tiene un gran impacto en el rendimiento y funcionamiento del equipo empleado.

Cabe señalar que cada uno de los prototipos desarrollados presenta características especiales con respecto a los demás y podía realizar funciones adicionales, pero ninguno reconoció todas las funciones necesarias para ser considerado un servicio integral de asistencia a personas con discapacidad visual. La razón principal de estas limitaciones, es que la mayoría de los desarrolladores e investigadores se enfocan en implementar varias tecnologías para proporcionar una nueva funcionalidad, pero no se focalizan en su trabajo para respaldar la operación básica. Uno de los vacíos de conocimiento encontrados en esta revisión sistemática, consistió en que los diseñadores no han investigado lo suficiente para definir con claridad y precisión lo que perciben las personas con esta condición y los requisitos básicos para un sistema que les ayude en sus actividades diarias.

Sin embargo, para aumentar las posibilidades de

aceptación en el mercado industrial al diseñar estos sistemas electrónicos para personas con deficiencia visual, se sugiere tener en cuenta las opiniones y experiencias de los usuarios potenciales en todas las etapas de desarrollo del prototipo, desde la fase inicial hasta el prototipo en su fase final.

V. CONCLUSIONES

Esta revisión sugirió que, aunque la visión por computadora es una herramienta poderosa para el desarrollo de tecnología de asistencia, a pesar de los diversos estudios e investigaciones que se han llevado a cabo para abordar los problemas de las personas con discapacidad visual y a pesar de los esfuerzos, aún falta una integración compacta para ofrecer asistencia confiable que satisfaga las necesidades primarias o básicas de estas personas.

Dada la gran cantidad de información que proporciona el entorno y el poder de procesamiento de los dispositivos, surge la necesidad de organizar y clasificar las necesidades de estas personas para desarrollar dispositivos que sean un apoyo efectivo para las personas con discapacidad visual y limitaciones de autonomía.

Si bien, no obstante, la tecnología sigue evolucionando a un ritmo sin precedentes, la visión artificial y las técnicas que emplea, sin duda, desempeñan un papel más importante en el avance de las perspectivas de una sociedad mejor. Específicamente, la visión artificial para personas con discapacidad visual está de alguna manera optimizada para asistir a estos individuos. Esta promete a corto y mediano plazo, resolver problemas más complejos y hacer que los procedimientos de evaluación y resolución sean más eficientes, precisos y accesibles para personas de todo el mundo, por supuesto, optimizando la calidad de vida de los pacientes no videntes.

Finalmente, en esta revisión bibliográfica, se resalta que, el uso de la visión artificial para apoyar a los invidentes se encuentra en una etapa inicial, existiendo la oportunidad de desarrollar algoritmos de visión más avanzados que proporcionen un mayor nivel de interpretación de la información visual. La integración de un hardware y software más modernos y la combinación de estos sistemas en dis-

positivos portátiles, aumentarán la funcionalidad de los objetos cotidianos, garantizando una mayor aceptación del usuario y devolverán la confianza para vivir una vida autónoma y autosuficiente.

VI. REFERENCIAS

- [1] Organización Mundial De La Salud, "Ceguera y Discapacidad Visual," 2021. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visualimpairment#:~:text=Leve%3A agudeza visual inferior a,visual inferior a%2F60>.
- [2] R. Munera et al., "Caracterización de una población con discapacidad visual (baja visión y ceguera) atendida en dos Instituciones Prestadoras de Salud de Medellín," *Med. U.P.B.*, vol. 34, no. 1, pp. 30–39, 2015.
- [3] D. An. C. Dabian and F. Y. Peña Moyano, "Prevalencia y causas de ceguera y discapacidad visual en Colombia," *Cienc. y Tecnol. para la Salud Vis. y Ocul.*, vol. 18, no. 2, pp. 21–30, 2020, doi: 10.19052/sv.vol18.iss2.3.
- [4] J. Viviana and V. Bernal, "Ciencia Unisalle Una revisión sistemática cualitativa Accesibilidad al entorno universitario en Colombia para personas con discapacidad visual," 2021.
- [5] R. D. Vásquez Salazar and A. A. Cardona Mesa, "Dispositivos de asistencia para la movilidad en personas con discapacidad visual: una revisión bibliográfica," *Rev. Politécnica*, vol. 15, no. 28, pp. 107–116, 2019, doi: 10.33571/rpolitec.v15n28a10.
- [6] C. B. V. H. D. Escobar Gómez, C. Vélez Álvarez, "Ayudas externas para mejorar la independencia en personas con discapacidad visual," *Rev. Cuba. Oftalmol.*, vol. 30, no. 1, pp. 1–15, 2017, [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21762017000100013&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- [7] J. F. Avila-Tomás, M. A. Mayer-Pujadas, and V. J. Quesada-Varela, "Artificial intelligence and its applications in medicine I: introductory background to AI and robotics," *Aten. Primaria*, vol. 52, no. 10, pp. 778–784, 2020, doi: 10.1016/j.aprim.2020.04.013.

[8] B. N. and Y. Athave, "A Design review of Smart Stick for the Blind Equipped with Obstacle Detection and Identification using Artificial Intelligence," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 182, no. 49, pp. 55–60, 2019, doi: 10.5120/ijca2019918768.

[9] S. Saha, F. H. Shakal, and M. Mahmood, "Visual, navigation and communication aid for visually impaired person," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 11, no. 2, pp. 1276–1283, 2021, doi: 10.11591/ijece.v11i2.pp1276-1283.

[10] I. Julieth, M. Moreno, and A. S. Perdomo, "Sistema de reconocimiento del alfabeto Dactilológico colombiano completo por medio de visión artificial," 2022.

[11] P. Migkotzidis, F. Kalaganis, K. Georgiadis, and ..., "e-Vision: An AI-powered system for promoting the autonomy of visually impaired," *Eur. J. ...*, vol. 3, no. 2, 2020, [Online]. Available: <https://cpcl.unibo.it/article/view/10707%0Ahttps://cpcl.unibo.it/article/download/10707/12413>.

[12] D. F. Z. G. Iturburu, Isaac Giovanni Rivera, "Implementación de Reconocimiento Facial y Visión artificial en Robot Nao con Python y OpenCV," 2019. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22605/1/UPS-GT003738.pdf>

[13] Ñ. Espinoza, "Diseño de un sistema de interacción mediante visión artificial para personas con discapacidad motora y dificultad del habla," 2018.

[14] I. J. L. P. R. Ing. Ángel Oswaldo Ocaña Guevara, Máster. Oswaldo Geovanny Martínez, Máster. Jorge Luis Paucar, "Interacción emocional de personas no videntes utilizando visión artificial," *Rev. Dilemas Contemp. Educ. Política y Valores.*, vol. 6, no. Edición Especial, pp. 37–39, 2018, [Online]. Available: https://www.fairportlibrary.org/images/files/RenovationProject/Concept_cost_estimate_accepted_031914.pdf

[15] D. D. E. Ingeniería, D. E. S. Y. Automática, E. B. Santofimia, and E. I. Martínez, "Implementación de una aplicación de tracking, con el fin de conocer la posición espacial de una persona y comparación entre diferentes cámaras y técnicas

de visión artificial," 2021.

[16] A. K. V A, P. A. Kailas, N. John, M. Sahl, and S. Kasim, "The Third Eye – An Assistive Technology for the Blind," vol. 7, no. 3, pp. 85–89, 2019.

[17] B. Fanny, S. Mosquera, C. Dangelis, B. Martínez, G. Alberto, and C. Montiel, "Artificial Vision Prototype for People and Vehicle Characteristics Recognition," vol. 22, no. 1, 2022.

[18] N. A. H. Y.C. Wong, J.A. Lai, S.S.S. Ranjit, A.R. Syafeeza, "Convolutional Neural Network for Object Detection System for Blind People," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 11, no. 2 Special Issue 8, pp. 1–6, 2019, doi: 10.35940/ijrte.B1129.08825819.

[19] R. N. X. D. Cadena Villafuerte Lesly Stefania, "Diseño e implementación de un prototipo electrónico de reconocimiento de objetos y asistente de navegación para personas con discapacidad visual mediante visión artificial." 2020.

[20] T. Adep, R. Nikam, S. Wanewe, and D. K. B. Naik, "Visual Assistant for Blind People using Raspberry Pi," *Int. J. Sci. Res. Comput. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 3307, pp. 671–675, 2021, doi: 10.32628/cseit2173142.

[21] J. C. Santa María Pinedo, C. A. Ríos López, C. Rodríguez Grández, and C. W. García Estrella, "Reconocimiento de patrones de imágenes a través de un sistema de visión artificial en MATLAB," *Rev. Científica Sist. e Informática*, vol. 1, no. 2, pp. 15–26, 2021, doi: 10.51252/rcsi.v1i2.131.

[22] J. Imaz, Marin, "Sistema de Visión Artificial Objetos en la Industria 4.0 para el Reconocimiento de," 2018.

[23] P. R. More, P. S. Raut, and P. M. Waghmode, "Virtual Eye for Visually Blind People," vol. 5, no. 12, pp. 562–566, 2021, doi: 10.51319/2456-0774.2021.6.0087.

[24] C. De Frías, J. Hernández, and S. Martínez, "Visión artificial aplicada en la identificación de objetos y su parametrización geométrica," p. 102, 2019, [Online]. Available: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/29643>

[25] M. Vincze, A. A. Eds, and G. Goos, *Computer Vision Systems*. 2019.

[26] I. V.-M. E. Clemente-Rosas, E. Luna-Taylor, J. L. Gómez-Torres, "Reconocimiento y estimación de distancia relativa de objetos en entornos controlados Recognition and estimation of relative distance of objects in controlled environments," *Publicación Semest. P'adi*, vol. 10, no. Especial 4, pp. 116–127, 2022.

[27] Silke Fresno Moreno, "Implementación de un sistema software de visión artificial para la detección de objetos en movimiento." [Online]. Available: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/02/ar4-wg3-sum-vol-sp.pdf>

[28] P. A. Yerlekar, "Artificial Vision for Visually Impaired using Yolo Detection," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 9, no. 5, pp. 1119–1124, 2021, doi: 10.22214/ijraset.2021.34470.

[29] J. C. Mogollón Rojas, D. Alama Carreño, and R. Seminario Chiroque, "Desarrollo De Un Sistema Guía Para El Desplazamiento De Personas Ciegas En Espacios Controlados," p. 146, 2021.

[30] G. Solano, "Diseño Y Construcción De Un Dispositivo Portatil Para La Identificación De Billetes Orientado a Personas Con Discapacidad Visual Mediante El Uso De Visión Artificial," p. 126, 2018, [Online]. Available: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/9218/1/108T0260.pdf>

[31] H. J. Maina, "Visión artificial para el reconocimiento automático, en tiempo real, de líneas urbanas de autobuses," pp. 0–89, 2019, [Online]. Available: <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/15560>

[32] D. A. S. Mosquera, "Asistente vehicular para personas con déficit de atención o daltonismo mediante visión artificial," *Univ. UTE*, 2020.

[33] H. S. Juan Avendaño, "Desarrollo de un software basado en visión artificial para atender necesidades de personas con discapacidad visual en un escenario de enseñanza-aprendizaje," 2022. [Online]. Available: <http://promepsol.sep.gob.mx/archivospdfs/produccion/Producto951183.PDF>

[34] M. D. Álvarez Armendáriz, "Diseño e implementación de un sistema electrónico de lectura para estudiantes de educación general básica con discapacidad visual," 2022.

[35] R. S. J. Herreño Maryeli, Tatiana, Roa Perdomo Yuly, Édison, "Alfabetización a Través del Alfabeto Braille, para personas Ciegas del Municipio de San Luis Antioquia," *Photosynthetica*, vol. 2, no. 1, pp. 1–47, 2018, [Online]. Available: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-76887-8%0Ahttp://link.springer.com/10.1007/978-3-319-93594-2%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00007-3%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41559-019-0877-3%0Aht>

[36] M. A. Cortés, "Visión artificial como agente pedagógico de cálculo integral en jóvenes invidentes a nivel medio superior," 2020.

[37] S. J. Sarmiento Sinche, "Desarrollo de algoritmos de aprendizaje automático basados en plataformas open-hardware y open-software, aplicados a un módulo de educación básica inclusiva," 2019.

[38] Mejía Campos Richard Giovanni, *Dispositivo wereable lector de textos impresos para niños con discapacidad visual como herramienta de apoyo en el proceso de enseñanza y aprendizaje en el ámbito escolar usando técnicas de visión artificial, ocr y tts*. 2022.

[39] I. A. J. G. Piñones, "Doroti: dispositivo de lectura para personas con discapacidad visual," 2020. [Online]. Available: <http://clik.dva.gov.au/rehabilitation-library/1-introduction-rehabilitation%0Ahttp://www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/as.2017.81005%0Ahttp://www.scirp.org/journal/PaperDownload.aspx?DOI=10.4236/as.2012.34066%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.pbi.2013.02.0>

[40] J. E. Mena Huera, "Desarrollo de un prototipo que brinde accesibilidad a imágenes de circuitos eléctricos para personas con discapacidad visual me-

diante reconocimiento de la posición dactilar," 2020.

[41] F. D. C.-O. García, "Sistema de interpretación de paneles de tiempo de espera en transporte para personas con discapacidad visual," 2019.

[42] D. A. B. VARELA And E. A. C. CHAMBA, "Desarrollo de un prototipo de gafas para lectura de texto con visión artificial que asista a personas con discapacidad visual," 2019.

[43] J. L. C. IZA, "Desarrollo de un dispositivo que mediante visión artificial permita adquirir imágenes con palabras para la conversión a audio, orientado a la ayuda de personas invidentes," 2019.

[44] Y. González, A. Millán, Y. Sánchez, C. Ortiz, M. Alemán, and C. Hernández, "Sistema de Reconocimiento de Señalamientos en Entornos Abiertos para la Orientación de Personas con Discapacidad Visual Signage Recognition System in Open Environments for the Visually Impaired," *Mem. Investig. en Ing.*, vol. 19, pp. 43–62, 2020, [Online]. Available: <https://doi.org/10.36561/ING.19.4>

[45] M. C. Millán Toro, "Localización De Objetos Específicos En Un Ambiente Controlado," pp. 1–45, 2018.

[46] J. A. S. Hernán J. Maina, "Stop the Bus !: Computer vision for automatic recognition of urban bus lines .," *ASAI, Simp. Argentino Intel. Artif.*, pp. 128–141, 2020.

[47] D. Rojas Hernández and F. Castillo Moya, "LAZARUS , los ojos del atleta con discapacidad visual LAZARUS , the eyes of the athlete with visual impairments," pp. 21–28, 2019.

[48] B. Paredes Regalado, D. Mayorga Arias, J. Guerra Salazar, S. Barrazueta Rojas, and M. J. Mendoza Salazar, "Implementación de un sistema de posicionamiento para corregir la trayectoria en personas invidentes dentro de piscinas," *Rev. Científica y Tecnológica UPSE*, vol. 8, no. 1, pp. 92–106, 2021, doi: 10.26423/rctu.v8i1.578.

[49] A. Soria José Edgar, R.-A. Juan-Manuel, A.-F.

Marco-Antonio, and G.-H. Efrén, "Segmentación de obstáculos y detección del área transitable de un robot móvil usando cámara de profundidad," vol. 8, no. 1, pp. 1–21, 2019, [Online]. Available: www.mecamex.net/revistas/LMEM

[50] O. Segura and P. Lozada, "Diseño Y Construcción De Un Sistema Electrónico Para Personas No Videntes Como Ayuda Para El Cruce De Las Calles Urbanas Basado En El Procesamiento De Imágenes," p. 101, 2019.

Revisión sistemática de literatura sobre los sistemas de control de los semáforos inteligentes.

Charles Stiwart Echeverria Chaparro
charlescsec@gmail.com
Contratista Tics Gobernación de

RESUMEN: La automatización de los procesos del ser humano ha dejado de ser un sueño y se ha convertido en una realidad; una de estas actividades, es la movilidad. Por tal motivo, el objetivo de esta investigación consiste en recopilar la información existente acerca de los semáforos inteligentes. Para ello, se realizó una revisión sistemática de literatura (SLR), conformada por 50 documentos entre artículos, tesis de posgrado e investigaciones publicadas en bases de datos como Google Académico, SCielo, Dialnet y repositorios de universidades del exterior (2019-2022), filtrando la información con el uso de descriptores como: semáforos inteligentes y gestión del tráfico, hallando diferentes estrategias, para realizar el control sobre la infraestructura vial. Se encontró que el uso de la inteligencia artificial y las simulaciones por computador, son los métodos más acertados para emplear el control de semáforos en cruces e intersecciones, debido a sus altos niveles de desempeño y confiabilidad.

Palabras clave: Inteligencia artificial, intersecciones, semáforos inteligentes, simulaciones, tráfico.

ABSTRACT - The automation of human processes has ceased to be a dream and has become a reality, one of these activities is road mobility. For this reason, the objective of this research was to collect existing information about smart traffic lights; for this, a systematic literature review (SLR) of 50 documents was carried out, including articles, postgraduate theses and research published in databases such as Google Scholar, SCielo, Dialnet and repositories of foreign universities (2019-2022), filtering the information with the use of descriptors such as: intelligent traffic lights and traffic management, finding different strategies, to carry out control over the road infrastructure.

It is found that the use of artificial intelligence and computer simulations are the most successful methods to employ traffic light control at junctions and intersections, due to their high levels of performance and reliability.

Keywords: Artificial intelligence, intelligent traffic lights, intersections, simulations, traffic.

1. INTRODUCCIÓN

Una de las principales problemáticas que se evidencian en diferentes lugares del mundo, está relacionada con la movilidad y el transporte, debido a que componentes de la malla vial como los semáforos, se encuentran en mal estado o la gestión de los tiempos es ineficiente, lo cual genera atascos y pésimo flujo vehicular. Además de esto, la falta de cultura y responsabilidad de los actores viales favorecen el incremento de la tasa de accidentalidad en cruces y/o intersecciones, ocasionado un aumento en el tiempo de los desplazamientos [1].

En países como Japón, el cual es uno de los tecnológicamente más avanzados del planeta, aproximadamente 20 millones de personas habitantes de Tokio y sus alrededores, recorren entre una y cuatro horas diarias desplazándose de un sitio a otro, esto a pesar de contar con diferentes alternativas para su movilidad, como lo son: trenes, metro, monorriel y autobús [1]. Otro ejemplo es el caso de Estados Unidos, que cuenta con 3 de sus metrópolis en el top 10 de las ciudades con mayores retrasos debido al flujo vehicular [2]. De este modo, se deduce que aún en los países del primer mundo con diversas opciones para que las personas se movilicen, dicha problemática sigue presente.

A nivel de Latinoamérica se obtienen estadísticas mediante la página TomTom.com [3] la cual almacena datos históri-

cos de más de 50 países y 400 ciudades en tiempo real, que demuestra el aumento en la congestión vial en las principales ciudades de la región. En este estudio se evidenció un aumento en el porcentaje de tiempo de desplazamiento en América Latina durante los años 2018 y 2019. Sin embargo, desde el 2020 estos índices se redujeron exponencialmente; de estos datos se infiere que la reducción debió ser de manera global debido a la expansión mundial del virus COVID-19.

De acuerdo con el periódico El Cronista de Argentina, para el año 2018, Buenos Aires fue la ciudad número 19 en el ranking mundial de las ciudades más congestionadas, con un 42%; este porcentaje indica que, en una ruta con tiempo de 30 minutos sin tráfico, se presentan atrasos de un 42% más de tiempo [4]. En este listado se evidencia que la problemática en Latinoamérica está bastante arraigada al ocupar puestos tan altos dentro de este listado, en el cual también aparecen varias ciudades de países vecinos como lo son Chile y Brasil.

Esta investigación se hace necesaria puesto que teniendo en cuenta la información consultada, se evidencia que no se hace una comparación entre los sistemas de control de semaforización convencional y los sistemas de control automatizados de nueva generación, lo cual es importante para mostrar al mundo su importancia y cuáles son las ventajas de usar este tipo de sistemas para el control del tráfico, especialmente en las zonas urbanas donde se presentan atascos o embotellamientos catastróficos. Teniendo en cuenta lo anterior, se tiene como objetivo principal de esta investigación, realizar la descripción de las formas o maneras en las que se realiza el control de los sistemas de semaforización inteligente.

II. PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

La estrategia implementada en esta investigación, es la descriptiva, en la cual se llevó a cabo una revisión de la bibliografía disponible en línea, para seleccionar las fuentes de información; se consultaron bases de datos confiables como: Google Académico, Dialnet, SCielo y repositorios

de universidades internacionales. En la tabla 1 se detallan la cantidad de artículos y descriptores usados para el levantamiento de información.

El método de búsqueda usado en estas bases de datos, fue el filtrado con operadores booleanos específicamente: "AND", "OR" y "NOT". Adicionalmente se emplearon descriptores para hallar la información requerida. Los parámetros para clasificar la información se dividen en criterios de inclusión y de exclusión, siendo los primeros toda información que se considera importante o provechosa para la investigación, y los últimos son todos los datos o documentos que se consideran, no están relacionadas al tema de estudio.

En los criterios de inclusión se emplearon conceptos como: a) semáforos inteligentes, b) tratamiento de imágenes, c) redes neuronales. Adicionalmente, se tomaron en cuenta estudios publicados en español; por lo tanto, dichas investigaciones fueron realizadas en su mayoría en Latinoamérica y Europa. Como criterios de exclusión, se filtró información publicada desde el año 2019. La información publicada antes de ese año no se tuvo en cuenta como fuente bibliográfica para este documento. En cuanto a las principales limitaciones, se evidenció que cada investigación o documento consultado presentó una metodología diferente para realizar el mismo control a los semáforos.

Bases de Datos	Descriptores	Resultados
	Gestión del tráfico	13
Google Académico	Simulación de semáforos e intersecciones	14
SCielo	Redes neuronales convolucionales	3
Dialnet	IoT en semáforos e infraestructura vial	2
Repositorio Universidad Cesar Vallejo	Semáforos inteligentes	16

III. DISCUSIÓN

Software más relevante

El software es parte esencial de un sistema de control. Para en el desarrollo de esta investigación,

se plantean dos herramientas como las principales para el tratamiento de la información; una de ellas, es Synchro; la segunda, es OpenCV.

En una investigación desarrollada por Gómez y Lara, [5], con el objetivo de implementar un sistema de semaforización inteligente en Bogotá, se empleó la herramienta Synchro 8, para simular el comportamiento del tráfico vehicular en una intersección. De esta manera, plantearon un mecanismo para estimar el tiempo promedio que tarda un automóvil en cruzar la misma. Otro documento que se relaciona con esta misma herramienta, es el realizado por Lozado y Méndez [6], quienes tomaron el software para diseñar un control para el tráfico en determinada zona, en el cual concluyeron: "Con la implementación de semáforos inteligentes se logró controlar el tráfico vehicular eficientemente y así minimizar atascos en las diferentes intersecciones" [6].

La herramienta Synchro cuenta con una popularidad y un prestigio alto, puesto que ha sido la base de varias investigaciones y publicaciones de rigor científico relacionadas con la movilidad y el estudio del tráfico. Por ejemplo, Quispe, un investigador peruano [7], propuso en su trabajo diferentes alternativas de solución a los inconvenientes de movilidad presentes en su ciudad de residencia, entre las más notorias fueron el arreglo de semáforos y la optimización de los ciclos de conmutación de los mismos.

De acuerdo con las fuentes consultadas, una de las investigaciones con los resultados más notorios, es la realizada por Córdova en el año 2021, la cual cumplió el objetivo de "Dar una solución vial buscando optimizar el nivel de servicio del tráfico ante el congestionamiento vehicular de la zona de estudio, para ello se realizó el conteo vehicular y el correspondiente análisis de los datos" [8, p.12], en su estudio logró optimizar los tiempos de espera en semáforos de más de 80 segundos a menos de 55 segundos, resaltando la importancia de Synchro en las pruebas realizadas. Sumado a este aporte y teniendo en cuenta el trabajo realizado por Huamani [9], se infiere que las simulaciones realizadas en este software, ayudaron a plantear soluciones y mejorar los inconvenientes de movilidad que se presentaban en las áreas de estudio.

Recalcando la importancia de Synchro, como herramienta fundamental en el estudio del comportamiento del tráfico, se atribuye otra investigación en la que este software es el protagonista. Es así que, con el fin de mejorar el flujo vehicular, [10] realizó el análisis de las vías de su localidad, hallando que toda la señalización se encontraba en mal estado, teniendo un impacto negativo directo en los tiempos de desplazamiento; entonces, el autor realizó la compilación de los datos y con ayuda del software fue capaz de brindar una posible solución a la problemática vial del entorno focalizado para el estudio. El autor Zavaleta, también concluyó que: "los semáforos es el sistema más eficiente para un control de tráfico" [11, p.35], basándose en las simulaciones realizadas con Synchro.

La herramienta OpenCv es usada principalmente en conjunto con el Machine Learning y la automatización: en este sentido, [12] detalla cómo emplear esta estrategia para realizar el reconocimiento de imágenes y realizar el respectivo tratamiento con la herramienta KERAS, las cuales se encargan de reconocer y detectar el movimiento de los vehículos, con el fin de establecer una serie de condiciones para realizar la gestión del tráfico.

Comportamiento del tráfico

Un factor importante para esta revisión, es el estudio del comportamiento del tráfico, puesto que es la principal problemática que se debe abordar. En un artículo publicado por CELI [13], el inconveniente de la movilidad se atribuye al incremento de la población y a que los gobiernos o entes públicos, usan la administración de los sistemas de transporte masivo como su negocio personal y no como un bien para la sociedad; lo anterior repercute directamente en la falta de planeación y de estrategias para la mejoría de la movilidad.

Una de las estrategias con las cuales los investigadores realizaron el levantamiento de la información para emitir sus estudios, consistió en el apoyo con interfaces de aplicaciones; a este respecto, investigadores peruanos [14] usaron la API de Google Maps, para extraer la información relevante del tráfico en determinado punto; de esta forma, se ahorraron gran cantidad

de recursos en infraestructura, puesto que solo debían acceder a la red para conocer los datos.

Continuando con los métodos de análisis del tráfico y adquisición de información, se resalta el usado por Cala y Torres [15], mismos que implementaron la metodología SCRUM, para obtener la información del denso tráfico de la ciudad de Soacha; igualmente, la empresa líder en videocámaras HIKVISION [16], planteó que implementar estas soluciones en los semáforos, podrá mitigar las falencias que se presentan en materia de movilidad.

En otro estudio realizado referente a la movilidad, los autores definen que un semáforo inteligente debe estar compuesto por 4 componentes, los cuales son:

1. El primer componente se define como toda infraestructura, hardware o espacio donde tendríamos flujo vehicular constante, vías en buen estado y estructuras donde anclar los sistemas requeridos según la necesidad de cada sector.

2. En el segundo componente se encuentran todos los elementos o sistemas de recolección de datos los cuales pueden ser sensores, cámaras, GPS, sonares, analizadores de redes, entre otros.

3. El tercer componente es la unidad de control en donde se analizan todos los datos obtenidos por medio de un software de control de tráfico apoyado con centros de supervisión.

4. El cuarto componente son todos los sistemas que transforman ese análisis de datos procesado por el software de control de tráfico, en magnitudes físicas tangibles, las cuales se ven reflejadas en el cambio óptimo de secuencia de luces para peatones y vehículos, el accionamiento de alarmas, control de avisos y señales de alerta, cabe aclarar que estos actuadores están sujetos a la necesidad de cada implementación [17, p.52].

Uno de los factores que inciden directamente en el flujo vehicular, es el estado de la señalización vial, que en territorios como Latinoamérica es un aspecto que se tiene muy descuidado; esto lo resalta [18] en su investigación, quien muestra la problemática de movilidad que se tiene

en la ciudad de Trujillo, en la que el foco principal del inconveniente de movilidad, es el pésimo estado de la infraestructura vial. Otro modelo de evaluación del tráfico, es el propuesto por [19]; en él se plantea la metodología de correlación Pearson para obtener la comparación entre dos variables. De esta manera, se pueden generar soluciones para mejorar la velocidad promedio de los vehículos que transitan por la zona. Por su parte, Pareja y Salas [20], también emplean la estrategia de Pearson para representar el comportamiento del flujo vehicular.

Asimismo, es importante tener en cuenta, que no todas las vías o intersecciones son óptimas para la implementación de semáforos inteligentes, ya sea por problemas de seguridad y de cultura de las personas. En este orden de ideas, en el estudio de [21], se plantea que la implementación de un transporte urbano sostenible puede presentar cambios de acuerdo con las características físicas y culturales de cada ciudad. Para esta problemática se han planteado soluciones como la propuesta efectuada por [22], en la que se plantea una manera de marcar las señales de tránsito con colores llamativos, para así indicar al actor vial cuál es la mejor manera en la que debe proceder, esto con el fin de evitar malas maniobras o imprudencias.

Una de las referencias bibliográficas más relevantes halladas en esta investigación, fue la realizada por Córdova, que tiene como objetivo "Diseñar e implementar una red inalámbrica para el control de reguladores de tránsito programables autosustentables, mediante el uso de módulos XBee pro y paneles solares." [23, p.15], en la que el investigador logró controlar a distancia los tiempos de programación de un semáforo, realizando una semi-automatización del mismo, puesto que, dependiendo de la situación, un operario desde una central, puede manipular los tiempos de conmutación de toda una red de semáforos al mismo tiempo, sin necesidad de desplazamientos. Lo anterior se consideró una solución viable eficaz y acorde con una necesidad instantánea, como lo es el control del flujo vehicular.

Simulaciones

Para realizar los estudios vistos anteriormente,

la principal técnica o estrategia utilizada, es la simulación de escenarios, puesto que permite dar una idea aproximada de los resultados, sin tener que hacer grandes despliegues y/o inversiones. Ejemplo de lo anterior, es la investigación realizada por tres autores colombianos [24], los cuales por medio de la simulación multi-agente, lograron replicar el comportamiento de los automóviles de una zona seleccionada. Con esta simulación fueron capaces de crear planes para controlar los semáforos, sin tener que desplegar un prototipo o algún otro tipo de herramienta. Esta forma de simulación, se relaciona con una investigación cubana [25], la cual buscaba por medio de simulaciones, establecer los mejores sitios para colocar señales de tránsito, debido a que según los investigadores, cuando se sitúa mal una señal, se pueden generar más eventualidades; teniendo en cuenta lo anterior, se recalca la importancia de continuar realizando simulaciones, antes de experimentar en el mundo real. tiempo de secuencia de luces para peatones y vehículos, el accionamiento de alarmas, control de avisos y señales de alerta, cabe aclarar que estos actuadores están sujetos a la necesidad de cada implementación [17, p.52].

Las simulaciones por agentes se han convertido en una normalidad cuando se requiere analizar el tráfico. Para lograr esto, [26], desarrollaron una herramienta para optimizar la simulación, con el objetivo de brindar apoyo a los controladores de las redes de tránsito; con este estudio se evidenció que los autores realizaron buenas prácticas en la implementación de la herramienta, a la que llamaron MASON, la cual está orientada específicamente a ingenieros de tránsito y analistas.

El desarrollo de herramientas para analistas, cada vez es más frecuente, debido al incremento de la preocupación por la movilidad a nivel mundial; esta motivación fue la que emplearon [27], con el fin de plantear diferentes modelos para el control convencional de un cruce con semáforo. Esta información fue tratada en el software Vissim, el cual arrojó como resultado, una confiabilidad del 95% en la optimización del flujo vehicular.

Al realizar este tipo de estudios relacionados con el tráfico, no solo se ataca directamente la

problemática principal, sino también se mitigan problemas indirectamente; [28] relaciona la optimización del tráfico con la reducción en los niveles de contaminación, puesto que al mejorar el tiempo de espera en una intersección los vehículos, por defecto, no estarían detenidos en el mismo punto, emitiendo contaminaciones. Otra investigación que también se relaciona con el medio ambiente, se titula: "Funciones de evaluación de calidad para un tránsito inteligente" [29, p. 77], en la cual se destaca la propuesta de 14 diferentes funciones para evaluar la calidad no solo del flujo vehicular, sino también las cantidades de contaminantes emitidas por este; como ejemplo, [30] establecen un método de simulación con el software de Matlab y SimuLink, con los que crean la base de datos a partir de simulaciones matemáticas y las ingresan al segundo programa, que se encarga de entregar la cantidad de automóviles que puedan pasar por determinada intersección.

En este sentido, continuando con las ventajas de las simulaciones, el estudio realizado por Figueroa [31], muestra como por medio de ellas, se realizaron las pruebas de su prototipo sin necesidad de intervenir la autopista en la que planteaban implementarlo. De esta manera, los investigadores ahorraron recursos, no sólo de tiempo sino también, económicos. A este estudio se sumó la investigación realizada por Murdolo [32], en la que emplearon diferentes técnicas y herramientas para simular los inconvenientes de tránsito que presentaba la ciudad de La Plata, puesto que estudiarlos de manera real conllevaba una alta inversión de recursos; la mejor opción fue simularlo, modelar las problemáticas y así plantear estrategias de solución. Aprovechando estas ventajas, [33], plantearon el uso de la plataforma AnyLogic, como entorno de simulación y diseño 3D, de escenarios vehiculares como cruces o intersecciones vehiculares.

Una desventaja de las simulaciones, es que no se tienen en cuenta las variables físicas o meteorológicas del lugar de estudio. Un ejemplo de esta situación, fue un estudio realizado en Guayaquil [34], en el que se realizó una maqueta o prototipo de una intersección para simular el comportamiento del tráfico. Los resultados obtenidos fueron ideales, puesto que no se tuvieron en cuenta vari-

ables como, por ejemplo, la falla de comunicación entre el semáforo inteligente y la unidad de control.

Otra investigación que no tuvo en cuenta las variables externas, fue la realizada por 6 investigadores mexicanos, que tuvo como objetivo el "diseño de la lógica de control para un tope con la finalidad de que funcione de forma inteligente" [35, p.2]; los proponentes realizaron todo el modelamiento en 3D y efectuaron pruebas por computador, pero desconocieron si las variables ambientales podían afectar la propuesta que plantearon.

Otro caso similar al anterior estudio, los investigadores [36], realizaron pruebas de un sistema de control de semáforos por medio del internet de las cosas. Dichas pruebas fueron realizadas en un laboratorio y todos los cálculos mostrados en el documento; sin embargo, se realizaron sin tener en cuenta las variables externas del ambiente. lo anterior permite inferir que los resultados no son confiables por omitirse esta importante información.

En ocasiones las simulaciones no se realizan cuando el problema ya está detectado; hay situaciones en las que se hacen estas pruebas con el fin de predecir futuros inconvenientes. Este es el caso de la investigación de Velandia y Fidel [37], en la que lograron establecer una base de datos de los tiempos de espera de algunas intersecciones y cruces semaforizados de la ciudad de Bogotá.

Finalmente, en la presente sección de simulaciones, se resalta la investigación realizada por Terol [38], en la que se fusionan tres softwares de simulación diferentes para llevar a cabo la simulación de un servidor de rutas, el cual está implementado en la ciudad, pero el autor busca optimizarlo para brindar una mejor calidad de vida a sus habitantes.

Inteligencia Artificial

En la actualidad se han realizado estudios e implementaciones de estrategias para optimizar las congestiones y el alto flujo vehicular que generan los cruces e intersecciones semaforizadas. La principal herramienta que se encuentra presente en las fuentes consultadas, es el uso de la Inteli-

gencia Artificial como principal controlador de los tiempos de conmutación de los semáforos.

Ejemplo de lo anterior, es el estudio realizado por García y Sarrazola [39] en la ciudad de Medellín, quienes tomaron como objetivo, desarrollar un sistema portátil que permitiera el control del tráfico, no en un sitio específico sino donde se necesitara en el momento. Para la adquisición de los datos de los vehículos emplearon la técnica denominada cascada HAAR y con una cámara web, capturaron las imágenes y las procesaron con un algoritmo de IA, el cual obtuvo una eficiencia del 90% en la detección de vehículos y una mejora aceptable para los tiempos de espera de los automóviles.

Teniendo en cuenta lo anterior, este tipo de estrategia fue usada también por Ortiz [40], con el fin de optimizar los tiempos de espera en un cruce de la ciudad de Chiclayo, Perú. A diferencia del estudio colombiano, el funcionamiento de este proyecto también incluyó el reconocimiento y conteo, no solo de vehículos,

intersección, ya que este mismo autor mencionó que los peatones son actores viales, que influyen en el comportamiento del tráfico.

Retomando lo anterior, se infiere que la técnica usada por los autores es óptima, debido a que el tratamiento de los datos se realiza en tiempo real, permitiendo que los sistemas de semaforización se adapten instantáneamente a cualquier situación que se presente en la vía, es decir, si ocurre un accidente y el flujo vehicular incrementa de repente, o si es un día festivo, en el cual se presenta una densidad mayor a la de un día corriente.

Por tales motivos, esta técnica de procesamiento de imágenes es usada alrededor del mundo, como lo es el caso de Manzo y Arzate [41], dos autores mexicanos, quienes la implementaron en puntos críticos de la ciudad de Nezahualcóyotl, reduciendo así las congestiones. Uno de los autores señaló:

El ser humano recibe la información a través de los ojos, la información es enviada al cerebro a través del nervio óptico para ser procesada con el objetivo de influir en la toma

gencia Artificial como principal controlador de los tiempos de conmutación de los semáforos.

Ejemplo de lo anterior, es el estudio realizado por García y Sarrazola [39] en la ciudad de Medellín, quienes tomaron como objetivo, desarrollar un sistema portátil que permitiera el control del tráfico, no en un sitio específico sino donde se necesitara en el momento. Para la adquisición de los datos de los vehículos emplearon la técnica denominada cascada HAAR y con una cámara web, capturaron las imágenes y las procesaron con un algoritmo de IA, el cual obtuvo una eficiencia del 90% en la detección de vehículos y una mejora aceptable para los tiempos de espera de los automóviles.

Teniendo en cuenta lo anterior, este tipo de estrategia fue usada también por Ortiz [40], con el fin de optimizar los tiempos de espera en un cruce de la ciudad de Chiclayo, Perú. A diferencia del estudio colombiano, el funcionamiento de este proyecto también incluyó el reconocimiento y conteo, no solo de vehículos,

intersección, ya que este mismo autor mencionó que los peatones son actores viales, que influyen en el comportamiento del tráfico.

Retomando lo anterior, se infiere que la técnica usada por los autores es óptima, debido a que el tratamiento de los datos se realiza en tiempo real, permitiendo que los sistemas de semaforización se adapten instantáneamente a cualquier situación que se presente en la vía, es decir, si ocurre un accidente y el flujo vehicular incrementa de repente, o si es un día festivo, en el cual se presenta una densidad mayor a la de un día corriente.

Por tales motivos, esta técnica de procesamiento de imágenes es usada alrededor del mundo, como lo es el caso de Manzo y Arzate [41], dos autores mexicanos, quienes la implementaron en puntos críticos de la ciudad de Nezahualcóyotl, reduciendo así las congestiones. Uno de los autores señaló:

El ser humano recibe la información a través de los ojos, la información es enviada al cerebro a través del nervio óptico para ser procesada con el objetivo de influir en la toma

de decisiones. Análogamente, mediante cámaras digitales es posible captar imágenes del tráfico vehicular, (...), con el fin de ajustar los intervalos de tiempo en cada semáforo de la intersección. [41, p.2]

Es así que el uso de la inteligencia artificial hoy en día, resulta relativamente costoso o difícil de desplegar si se quieren tener resultados precisos. Romero y Rojas [42], concluyen que: "usar el preentrenamiento es una opción aceptable ya que hacerlo desde cero implica gran cantidad de imágenes, etiquetado y costos de hardware (GPU) con precisiones muy por debajo de lo esperado" (p.95); lo anterior hace referencia a que los resultados de las investigaciones se ven afectadas directamente por la cantidad y calidad de los recursos con los que se cuenta para realizarlas; una alternativa para esta situación, es el uso de herramientas como la Raspberry, la cual aprovecha de manera óptima todos sus atributos (RAM, CPU, ETC). Así, Monterrey y Sosa [43] concluyeron que, la mejor manera de implementar un servidor para el conteo y detección de vehículos, es con tecnología Raspberry. Reforzando este planteamiento, se trae a colación una investigación titulada, "Desarrollo de un prototipo de semáforo inteligente con visión por computador" [44, p. 1], en la que el autor recomienda usar la tecnología Raspberry, como base fundamental para la implementación de su prototipo en el conteo de vehículos.

Continuando con la discusión sobre el uso de la inteligencia artificial como herramienta de ayuda para la gestión del tráfico, se plantea en una investigación colombiana, que el uso de redes neuronales convolucionales es el ideal para la toma de decisiones y el control de semáforos teniendo como referencia la captura de imágenes en tiempo real [45]. Adicionalmente, una investigación realizada en Panamá, demostró como el uso de esta tecnología puede mejorar la movilidad; los encargados del estudio propusieron elaborar un sistema que permitiera reconocer eventualidades en las vías, tomando como base de datos, las publicaciones de personas en las redes sociales [46], es decir, una IA analiza las publicaciones en determinada red social y envía los datos a una central que se encarga de tomar las decisiones. Lo anterior se ha considerado como una técnica eficiente, ya que en Colombia es

una práctica común, la creación de grupos para compartir el estado de las vías y de la movilidad.

En la actualidad, el uso de Inteligencia Artificial y la automatización, se ha convertido en una realidad, tanto así, que se han empezado a desarrollar las ciudades inteligentes. En un estudio realizado en la ciudad de Bogotá [47], comenta que este tipo de tecnologías puede "ayudar a expandir la democracia, entendida como ciudadanos libres, ilustrados, conscientes y participativos, para mejorar su calidad de vida" [47, p. 28]. El estudio se realizó en las principales ciudades de Colombia y se espera que pueda sugerir una buena administración para que no se convierta en algo perjudicial para la comunidad. A este planteamiento se adhirió el investigador Vergara [48], quien planteó que usar nuevas tecnologías puede mejorar el flujo vehicular y ayudar al medio ambiente, haciendo que estos sistemas sean autosustentables. Por otra parte, Celis [49] propuso la necesidad de implementar semáforos inteligentes, teniendo como horizonte la proyección y materialización de ciudades inteligentes autosustentables.

Para culminar este apartado, se tomó como referencia a Ibarra [50], quien empleó un método combinado de cloud computing con fog computing, en el cual empleó varias de las herramientas y técnicas tratadas anteriormente y es el único que recomienda el uso de los servicios web de Amazon, con el fin de mitigar las limitaciones generadas por la geografía y disminuir los tiempos de comunicación.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con la documentación presentada anteriormente, se deduce que la humanidad requiere soluciones inmediatas para mitigar su problemática de movilidad, puesto que cada vez surgen más vehículos y menos propuestas de mejoría. Se puede evidenciar que los inconvenientes de movilidad no son propios de un país o región: son una debilidad a nivel mundial.

De esta revisión de bibliografía se resaltan documentos e investigaciones que dejan un referente en cuanto a la optimización en tiempos de espera y reducción de niveles de contami-

nación en los desplazamientos con vehículos; y otras referencias que dejan una carta de navegación abierta para continuar investigando acerca de la manera de automatizar y mejorar los procesos y calidad de vida del ser humano.

En este punto se establece que, al momento, la mejor manera de controlar un semáforo inteligente es con ayuda de la inteligencia artificial, tecnología que día a día se acerca más a esa similitud con el ser humano, pero que se considera imposible de reemplazar, puesto que la conciencia humana es un estado único e irrepetible.

VI. REFERENCIAS

- [1] C. Ortega, "Análisis del comportamiento del transporte público a nivel mundial," Univ. Part. Int. SEK, no. April, pp. 1-98, 2018, [Online]. Available: [https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/1528/1/Análisis Del Comportamiento Del Transporte Público A Nivel M.pdf](https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/1528/1/Análisis%20Del%20Comportamiento%20Del%20Transporte%20Público%20A%20Nivel%20M.pdf).
- [2] INRIX, "INRIX 2021 Global Traffic Scorecard," 2021. <https://inrix.com/scorecard/>.
- [3] TomTom, "TOMTOM TRAFFIC INDEX Ranking 2021," 2021. https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/ranking/.
- [4] C. Boyadjian, "Buenos Aires, entre las ciudades de peor tránsito del mundo," p. 97, 2019.
- [5] G. L. D. Armando, Arquitectura lot para la prestación del servicio de semaforización inteligente en Bogotá, Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2019.
- [6] M. B. Lozado Gorotiza, diseño de un prototipo para el control de tráfico vehicular en el Cantón el Triunfo, Provincia de Guayas, Milagro: Ecuador, 2019.
- [7] Quispe, Propuesta del mejoramiento de circulación vehicular evaluando tráfico aplicando técnica SYNCHRO, Callao, Perú, 2021.
- [8] Córdova, "Propuesta para reducir el congestionamiento vehicular del núcleo central de Chiclayo utilizando un programa de simulación del tráfico," Chiclayo, 2021.

Chiclayo, 2021.

[9] H. Guillermo, Simulación microscópica del tráfico urbano entre una vía principal y alternas para mejorar la congestión vehicular, LIMA, 2021.

[10] C. Yeyna, Propuesta de mejora en el flujo vehicular utilizando el programa SYNCHRO 10 en el predio El Tingo, Huánuco-2022, Huaraz, 2022.

[11] Zavaleta, Programa SYNCHRO TRAFFIC para mejorar la optimización del tránsito vehicular: una revisión de la literatura científica, Cajamarca, 2020.

[12] Blanco, Sistema inteligente de análisis de imágenes aplicado a la gestión de tráfico, Madrid, 2022.

[13] CELI, «Análisis del comportamiento del transporte público a nivel mundial», Espacios, vol. 39, nº 18, p. 10, 2018.

[14] C. C. L. Jhonatann, «Desarrollo e implementación de un analizador de tráfico vehicular basado en la obtención» Y, QUITO, 2019.

[15] T. Cala, «Diseño de un prototipo de control de semáforos que optimice los cambios de luz mediante el uso de sensores», Bogotá, 2021.

[16] J. Sábada, «HIKVISION», 06 04 2022. [En línea]. Available: <https://www.hikvision.com/es/newsroom/blog/como-mantener-las-ciudades-en-movimiento-cinco-formas-de-gestionar-mejor-el-trafico-con-video-inteligente/>. [Último acceso: 7 10 2022].

[17] O. Caro, Estudio y planteamiento de un modelo de semaforización inteligente como solución a problemas de movilidad en Bogotá, 2020.

[18] Merino, Planeamiento y desarrollo vial entre las avenidas Metropolitana I y II de la ciudad de Trujillo, Trujillo, 2021.

[19] G. Garibay, Señalización preventiva con semáforo inteligente de aproximación vehicular en sentido contrario en curvas cerradas entre Huaral – Ancón, Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2021.

[20] S. Pareja, Modelado del tráfico vehicular y su impacto en el diseño métrico vial, intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, LIMA, 2021.

[21] Z. Briceño, Análisis de la compatibilidad de la Av. Pardo para la integración de un sistema de transporte urbano sostenible en Chimbote, Chimbote, 2022.

[22] G. S. Gutierrez, Alternativa de señalización horizontal inteligente para la movilidad en vías urbanas principales, Bogotá, 2021.

[23] Córdova, Diseño e implementación de una red inalámbrica para el control de reguladores de tránsito programables autosustentables, mediante el uso de módulos XBEE PRO Y PANELES SOLARES, GUAYAQUIL, 2022.

[24] S. J. CÁRDENAS, MODELACIÓN DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE TRÁFICO VEHICULAR POR MEDIO DE UNA SIMULACIÓN BASADA EN AGENTES, BOGOTÁ, 2020.

[25] Moreno, «Las técnicas de inteligencia artificial aplicadas al control y configuración del tráfico.» Revista Estudiantil Nacional de Ingeniería y Arquitectura, vol. 2, nº 2, pp. 2-20, 2021.

[26] «Herramienta de simulación para evaluar configuraciones semafóricas.» Revista Cubana de Transformación Digital, vol. 2, nº 1, p. 11, 2021.

[27] A. Cruz, Determinación del Ciclo Semafórico mediante la Micro simulación para mejorar el Flujo Vehicular y Peatonal en las Intersecciones Correspondientes al Campus Parra - UTP Arequipa, Arequipa, 2021.

[28] U. P. P. LARA, ARQUITECTURA MODULAR PARA LA GESTION AUTOMATICA DEL TRAFICO EN ROTONDAS, VALENCIA, 2021.

[29] V. P. Carballo, «Funciones de evaluación de calidad para un tránsito.» Informe Científico Técnico UNPA, vol. 13, nº 1, pp. 77-94, 2021.

[30] Chavert, et al. 2022. Modular distributed architecture for intelligent traffic control.

[20] S. Pareja, Modelado del tráfico vehicular y su impacto en el diseño métrico vial, intersección Av. Velasco Astete y Calle Palmeras, Cusco, LIMA, 2021.

[21] Z. Briceño, Análisis de la compatibilidad de la Av. Pardo para la integración de un sistema de transporte urbano sostenible en Chimbote, Chimbote, 2022.

[22] G. S. Gutierrez, Alternativa de señalización horizontal inteligente para la movilidad en vías urbanas principales, Bogotá, 2021.

[23] Córdova, Diseño e implementación de una red inalámbrica para el control de reguladores de tránsito programables autosustentables, mediante el uso de módulos XBEE PRO Y PANELES SOLARES, GUAYAQUIL, 2022.

[24] S. J. CÁRDENAS, MODELACIÓN DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE TRÁFICO VEHICULAR POR MEDIO DE UNA SIMULACIÓN BASADA EN AGENTES, BOGOTÁ, 2020.

[25] Moreno, «Las técnicas de inteligencia artificial aplicadas al control y configuración del tráfico.» Revista Estudiantil Nacional de Ingeniería y Arquitectura, vol. 2, nº 2, pp. 2-20, 2021.

[26] «Herramienta de simulación para evaluar configuraciones semafóricas.» Revista Cubana de Transformación Digital, vol. 2, nº 1, p. 11, 2021.

[27] A. Cruz, Determinación del Ciclo Semafórico mediante la Micro simulación para mejorar el Flujo Vehicular y Peatonal en las Intersecciones Correspondientes al Campus Parra - UTP Arequipa, Arequipa, 2021.

[28] U. P. P. LARA, ARQUITECTURA MODULAR PARA LA GESTION AUTOMATICA DEL TRAFICO EN ROTONDAS, VALENCIA, 2021.

[29] V. P. Carballo, «Funciones de evaluación de calidad para un tránsito.» Informe Científico Técnico UNPA, vol. 13, nº 1, pp. 77-94, 2021.

[30] Chavert, et al. 2022. Modular distributed architecture for intelligent traffic control.

Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial 00, 1-5.

[31] Figueroa, Sistema inteligente de apoyo al conductor para la reducción de los colapsos de tráfico, La Laguna, 2021.

[32] Murdolo, «Control de tránsito en una Smart City,» La Plata, 2021.

[33] O. L. Perez, «Estrategias de movilidad vehicular inteligente en la ZMVM con miras a una Ciudad Inteligente

» Coloquio de investigación Multidisciplinaria, vol. 8, nº 1, p. 2037, 2020.

[34] Vera, Prototipo de semaforización autosustentable conectado a un sistema de emergencia que permita una rápida atención a la ciudadanía, Guayaquil, 2021.

[35] S. M. Charre-Ibarra, et al, «Lógica de control para tope inteligente», xikua, vol. 10, nº 19, pp. 24-30, ene. 2022.

[36] Puetate, IOT PARA LA SUPERVISIÓN Y CONTROL DE CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN, IBARRA, 2022.

[37] Velandia, Evaluación del efecto de los tiempos de semáforos sobre la longitud de las colas y tiempos de tránsito de los vehículos en las diferentes rutas de acceso y salida en intersecciones viales, bogotá, 2022.

[38] Terol, Solución para la gestión de tráfico de Valencia en base a criterios ambientales, Valencia, 2020.

[39] S. GARCIA, DISEÑO DE UN SEMÁFORO PORTATIL INTELIGENTE PARA EL CONTROL DEL FLUJO VEHICULAR, MEDELLIN, 2018.

[40] SANTIESTEBAN, SEMÁFORO INTELIGENTE Y CONGESTIÓN VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LA AVDA. LUIS GONZALES Y LA CALLE SAN JOSÉ DE LA CIUDAD DE CHICLAYO, LAMBAYEQUE PERU, 2019.

[41] A. MANZO, Sistema de Semáforos Inteligentes para el Control de Tráfico Vehicular, NEZHUALCÓYOTL, 2019.

[42] R. ROMERO, VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL RECONOCIMIENTO DEL TRÁFICO VEHICULAR, BOGOTÁ D.C., 2020.

[43] M. ANGEL y S. CAMILO, DISEÑO DE UN SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN INTELIGENTE PARA CONTROLAR FLUJO VEHÍCULAR A PARTIR DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES, BOGOTÁ: UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA, 2020.

[44] Castro, Desarrollo de un prototipo de semáforo inteligente con visión por computador, Quito, 2022.

[45] Guzman, Semáforos inteligentes con redes neuronales convolucionales, Bogotá, 2022.

[46] G. S. Liu, «Identificación de incidentes de tráfico en Panamá por medio del análisis de datos de redes sociales,» Panamá, 2021.

[47] Perez, INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y BIG DATA EN CIUDADES INTELIGENTES, BOGOTÁ, 2022.

[48] VERGARA, ACTUALIZACIÓN DE SEMAFORIZACIÓN EN SANTA MARTA MAGDALENA, SANTA MARTA, 2020.

[49] CELIS, PROPUESTA DE MARCO DE TRABAJO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SMART CITY EN BOGOTÁ, Bogotá, 2021.

[50] IBARRA, SISTEMA DE CONTROL DE TRÁFICO VEHICULAR APLICANDO LA ARQUITECTURA FOG COMPUTING, AMBATO, ECUADOR, 2021.

Redes comunitarias para la reducción de la brecha digital desde un enfoque político, de infraestructura y capital social.

Esteffy Andrea Peña Zuluaga
esteffypenazuluaga@cedoc.edu.co
Integrante del Semillero de Investigación en Telecomunicaciones -

Esp. César Yesid Barahona
cesarbarahonarodriguez@cedoc.edu.co
Líder del Semillero en Telecomunicaciones - ESCOM

3 . Artículos de Semillero

RESUMEN: La iniciativa de las redes comunitarias, va direccionada a que todas las comunidades de zonas rurales y de difícil acceso, cuenten con Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), que mejoren la calidad de vida de sus habitantes y logren una reducción de la brecha digital. El objetivo de esta investigación consistió en analizar la evolución y la participación de las redes comunitarias desde el punto de vista político, así como de capital social e infraestructura, que actualmente se implementa. Para ello, se realizó una revisión sistemática de literatura (SLR) de 50 artículos de bases de datos como IEEExplore, Dialnet, Scielo, Google Books, entre otros (2018-2022). Se encontró que las redes comunitarias (CM) pueden contribuir de manera significativa en la sociedad, con respecto a la inclusión y a la igualdad, para la obtención de información, capacitación, estudio, trabajo e Internet. Finalmente, se identificaron una serie de vacíos como, la baja participación de los gobiernos, la escasa regulación y políticas al respecto en muchos países, al igual que la falta de colaboración por parte de los operadores privados. De esta manera, se concluye que las CM deben emprender un trabajo grupal en donde interactúen los gobiernos, las organizaciones, los operadores y el capital social para avanzar en el camino del cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo sostenible y la apropiación de las TIC.

Palabras clave: Acceso a Internet, Capital Social, Reducción brecha digital, Redes Comunitarias, Tecnologías de la Información y comunicación.

ABSTRACT - The initiative of community networks is aimed at all communities in rural areas and areas of difficult access to gain access to Information and Communication Technologies (ICT), thus improving the quality of life of people and reducing of the digital divide. The objective of this research was to analyze the evolution and

participation of community networks from the political point of view, social capital and the infrastructure that is implemented today. For this, a systematic literature review (SLR) of 50 articles from databases such as IEEExplore, Dialnet, Scielo, Google Books, among others (2018-2022), was carried out. It is found that community networks (CM) can contribute significantly to society in terms of inclusion and equality to obtain information, training, study and work. Finally, a series of gaps are identified, low government participation, regulation and policies are scarce in many countries, and there is no collaboration from private operators. In this way, it is concluded that the WPS must include group work where governments, organizations, operators and social capital interact to advance on the path of compliance with the Sustainable Development Goals and the appropriation of TIC.

Keywords: Access, Digital Divide Reduction, Internet, Community Networks, Internet Information and Communication Technologies, Social Capital.

I. INTRODUCCIÓN

Con el pasar del tiempo, las telecomunicaciones han evolucionado de una manera exponencial, hasta tal punto de contactar dos puntos lejanos sin generar mayor interferencia. Con un avance significativo desde el año 1995 donde se contaba con un aproximado de 50 millones de dispositivos conectados, en la actualidad, superan los 43 millones de aparatos conectados a internet [1].

Lo anterior ha sido posible en las grandes ciudades o regiones, las cuales, al sortear múltiples dificultades llegaron a obtener redes de telecomunicaciones, a diferencia de espacios selváticos, montañosos, boscosos e incluso, lugares donde se evidencia la pobreza.

Con la llegada de la pandemia, el factor de la conectividad digital fue referenciado como escaso por el Banco Mundial, donde alrededor de 600 millones de personas, no tendrían acceso a internet. [2] En este aspecto, diversos factores imposibilitan llevar dicha conectividad a zonas remotas, así como se mencionará en esta revisión, en donde se hará alusión a tres tipos de brechas que impiden ello. La primera, está relacionada con el poco despliegue y cobertura de infraestructura en las diferentes comunidades; en segunda instancia, la brecha se presenta por conflictos, debido a que, aunque se cuente con el servicio y los elementos, no se aprovecha su uso por falta de aceptación de la población. Finalmente, el consumo de dichos datos es bajo, aunque se tenga acceso a ellos. [2]

De este modo, se evidencia que, para hablar de una cobertura universal de las telecomunicaciones y el acceso a internet, al día de hoy, no es un objetivo cumplido debido a los diferentes factores mencionados anteriormente, que van desde la infraestructura, los costos, hasta las vías de acceso, entre otros. Al analizar la situación de países como la India, que cuenta con 1.300 millones de habitantes, de los cuales solo el 37% tiene acceso a internet, se evidencia un alto índice de reducción en la brecha. En África occidental, central y oriental, se llega a un 25% así como en los países nórdicos, al igual que en América del norte, cuya población cuenta con una entrada del 90%. En igual forma la región de Asia-Pacífico, tanto el 70% de la población como en América Latina, el 70% tiene la posibilidad de estar conectados. [3].

A partir de lo anterior, se evidencia que no necesariamente los países de desarrollo intermedio son los que van más atrasados en la implementación de tecnologías y el acceso de internet en todas las zonas. Esto permite entender que el apoyo y financiamiento por parte de los países y organizaciones, es primordial para reducir dichos valores.

En relación con los países situados en la última cifra mencionada y los del Caribe, en un estudio según [4], se tomaron 24 países que cuentan con alrededor de 244 millones de personas, los cuales no tienen acceso al servicio de internet; además, del total de esa

población, 46 millones están localizadas en áreas rurales que suelen tener una cobertura más baja. Se encontraron obstáculos para extender la conectividad, tales como: no se tiene actualizada la situación de dicha conectividad rural, inaccesibilidad a las comunidades, altos costos para la inversión y poca asequibilidad a dispositivos óptimos para obtener el servicio.

En América latina se observa una alta cifra en cuanto al limitado acceso a internet y otras tecnologías para el uso de las telecomunicaciones. En la mayoría de los casos esto se debe, a que no se puede lograr el despliegue óptimo de infraestructura de las redes, donde básicamente se deben tener en cuenta factores como la inversión, el personal humano, la geografía, la cual es impedimento en la mayoría de los casos, para extender la red a diversos lugares, por ser inestables. Igualmente, por no contar con políticas públicas que abarquen este tipo de proyectos.

Tras el paso de la pandemia se logró detectar de una manera más puntual, las afectaciones a diferentes poblaciones que al no contar con sistemas de comunicación óptimos, acceso a internet, dispositivos aptos y otros factores, conllevó a que diversas comunidades fueran afectadas en su parte laboral, en la educación, la telemedicina e información de primera mano.

Un claro ejemplo, fueron los 1.300 millones de niños en edad escolar, que no contaron con una conexión a internet o dispositivos para su estudio, siendo mayor la tasa de afectados los países no desarrollados, con bajos ingresos y regiones rurales más apartadas geográficamente [5]. Este mismo informe reconoce que los jóvenes de 15 a 24 años, siendo 759 millones, no cuentan con dichas herramientas para sus estudios.

La población más afectada en este caso, fueron los jóvenes, niños o personas que se encontraban en una etapa de estudio, lo cual exigió contar con un dispositivo que tuviera acceso a internet para lograr responder con sus deberes, lo que conllevó a que muchas de estas personas desistieran de su formación académica, afectando de esta manera, la igualdad y equidad en sus regiones..

Lo anterior, sin dejar de lado que en Colombia las cifras son considerablemente altas, porque el 50% de hogares no cuenta con acceso a internet y el 38% de las personas no hace uso de él, a causa de que para llevar Internet a la mayoría de lugares es complejo, debido a la robusta geografía, la cual es un factor importante para llevar a cabo el despliegue de la infraestructura necesaria. Por tanto, esto conlleva a que aproximadamente 9 millones de personas en el territorio no cuenten con acceso a un medio de comunicación, ampliando aún más la brecha digital. [6]

Del mismo modo [7], evidencia una baja inversión en la infraestructura por parte de los operadores y el interés de los gobiernos en cuanto a programas que fomenten la implementación de las telecomunicaciones, dado que no se tiene un fácil acceso a las comunidades en áreas rurales, obteniendo como resultado, un retraso en el cumplimiento de algunos Objetivos de Desarrollo Sostenible planteados por la ONU, como la obtención de igualdad en la población mundial y la reducción de la brecha digital.

En cuanto a la finalidad de este artículo, se busca generar una revisión bibliográfica acerca de las redes comunitarias y su participación en la reducción de la brecha digital. Para el análisis en cuestión, se determinaron tres temáticas en torno al tema principal, como lo son: Políticas, infraestructura y capital social, mismos que permiten la identificación de diferentes escenarios sobre el desarrollo de los subtemas planteados para emplear estrategias de la reducción de esta brecha.

II. METODOLOGÍA

En el presente documento se lleva a cabo una investigación descriptiva generando una búsqueda en diferentes bases de datos para la revisión de la literatura en diversos artículos, con el fin de tener una amplia obtención de información en el campo de estudio.

Para lograr la obtención de la información necesaria se realizó una segmentación de acuerdo con el enfoque principal; partiendo de ello, se establecen las preguntas de investigación, método de búsqueda, criterios de selección implementados.

Así pues, se clasifican los estudios, investigaciones y propuestas existentes en relación con las redes comunitarias, políticas, capital social e infraestructura con la finalidad de obtener diferentes enfoques, soluciones y trabajos en torno al tema.

Se establecen preguntas para la revisión:

- Desde el año 2018, ¿cuál ha sido la evolución de las redes comunitarias y su participación en la reducción de la brecha digital?
- ¿Qué aspectos se plantean para lograr conectividad de las telecomunicaciones en zonas rurales?

La averiguación bibliométrica que se fundamenta en el enfoque concurrente por reducir la brecha digital y promover el acceso a las TIC, permite encontrar conexiones de temáticas propias de las redes comunitarias, con otras áreas para su desarrollo. Con lo anterior esta revisión se centró en bases de datos tales como: IEEEExplore, Dialnet, Scielo, Google Books, con la implementación de palabras claves: "community networking", "reducción brecha digital", "redes comunitarias".

Al contar con los criterios de búsqueda establecidos para abarcar cada uno de los temas pertinentes y se determina de igual manera los parámetros de inclusión, se consideran:

1. Estudios y publicaciones enfocadas a la reducción de la brecha digital por medio de la implementación de redes comunitarias las problemáticas que se evidencian para su óptima cobertura.
2. Artículos presentados en español e inglés.
3. Estudios internacionales.

Criterios de exclusión:

1. Publicaciones que sean anteriores al año 2018.
2. Documentos que no estén relacionados con el tema principal y los subtemas.
3. Redes comunitarias que no estén orientadas a la cobertura de banda ancha y telecomunicaciones.

Las publicaciones, artículos, bases de datos y las palabras clave que corresponden a los temas

principales que fueron tenidas en cuenta en este trabajo son las expuestas a continuación:

TABLA 1 BASES DE DATOS

Bases de Datos	Descriptor	N° Artículos	Idioma
IEEEExplore	Redes Comunitarias Telecentros Redes Comunitarias- Brecha Digital Redes Comunitarias Políticas Tlc	8	India África Perú Argentina México Indonesia EE.UU Asia
Research Gate	Red Comunitaria Actores Sociales- Redes Comunitarias Acceso A Internet- Redes Comunitarias	7	
Taylor&Francis Online	Redes Comunitarias- Telecentros Brecha Digital Redes Comunitarias	2	
DIALNET	Redes Comunitarias Redes Comunitarias -Brecha Digital	5	
GOOGLE BOOKS	Capital Social- Redes Comunitarias	1	
SCIELO	Redes Comunitarias- Telecentros Redes Comunitarias -Brecha Digital	1	
REVISTAS UNPL	Redes Comunitarias- Telecentros Brecha Digital- Redes Comunitarias	1	
Science Direct	Redes Comunitarias Telecentros- Redes Comunitarias	1	
Cornell University	Capital Social Redes Comunitarias	1	
Google Académico	RedComunitaria- Actores Sociales Acceso A Internet- Redes Comunitarias	14	

Internet Society	Red Comunitaria- Actores Sociales Redes Comunitarias -Acceso a Internet Políticas en Redes Comunitarias	9
National Library Of Medicine	Redes Comunitarias	1

III. RESULTADOS

REDES COMUNITARIAS

Las redes comunitarias tienen diferentes enfoques; uno de ellos [8], consiste en reducir la brecha digital a nivel mundial, la cual se centra en implementar Internet para cada zona, incluyendo también un vínculo entre la seguridad cibernética y la capacidad de utilizar Internet en una amplia gama de oportunidades económicas, lo que significa que tiene un enorme potencial para acelerar el progreso en el logro de los ODS y de esta forma, optimizar la vida de las personas en aspectos fundamentales de su cotidianidad.

Con respecto a las iniciativas de redes comunitarias, según [9], se propende por construir, mantener y compartir la infraestructura de red, incluyendo la defensa del derecho humano básico en cuanto al acceso a Internet.

Con lo anteriormente mencionado, se estima que las redes comunitarias (CM) son el puente para brindar conectividad a la población, de tal forma que le permita tener oportunidades, especialmente, en las áreas económicas, educativas y sociales. Para [10], quien es uno de los mayores promotores de las CM, es importante no competir con los servicios comerciales existentes. Al contrario, propone conectar áreas a partir de diferentes alternativas y tecnologías existentes.

Así pues, los organismos internacionales de derechos humanos han reconocido el acceso a internet como un derecho fundamental y destacan su potencial inédito para la realización efectiva del derecho a la libertad de expresión y como plataforma para la realización de otros derechos humanos [11].

Con las afirmaciones anteriores se infiere [12], que gestionar el acceso a las telecomunicaciones se tornaría complejo, dado a que se requerirían múltiples opciones en cuanto a la disponibilidad de las TIC y de internet; de igual forma, se presentarían diversos factores que impedirían el despliegue de infraestructura óptima. Un claro ejemplo, es la ubicación geográfica en áreas como la región del Amazonas, que poseen terrenos geográficos complejos e inflan los costos de desarrollo para la infraestructura adecuada y otras áreas, como islas remotas, que tienen una menor densidad de población.

En consecuencia, se producen grandes limitaciones para que los modelos comerciales convencionales logren implementar los servicios de telecomunicaciones e Internet, en espacios poco asequibles [13]. Entonces, al no contar con el acceso a dicho servicio, se estima que más de la mitad de la población mundial permanezca desconectada. Esta "brecha" de conectividad existe en áreas urbanas y rurales de numerosos países. [14]

De lo planteado con anterioridad, [9] enfatiza que un servicio al cual se debe acceder con facilidad, en este caso particular relacionado con áreas de difícil acceso, no existe gran cobertura, generando inequidad y carencia de oportunidades. De acuerdo con [13], lo anterior afecta a aquellos que carecen de oportunidades para acceder a las tecnologías de la información o que están en una posición menos igualitaria en términos de uso; en este sentido, durante la última década los gobiernos han promovido políticas públicas de inclusión digital y universalización de internet, contemplando aspectos como la infraestructura, planes de banda ancha y la entrega de dispositivos a las comunidades en situación de vulnerabilidad.

Así pues, para lograr el objetivo de la universalidad del servicio, [15] subraya el tener en cuenta aspectos como: recursos, inversión e infraestructura. Por ello, se debe reforzar y trabajar en la propuesta de políticas públicas que permitan su materialización e igualmente, la participación del sector privado para su financiación y gestión, lo que conlleva a que se establezcan obligaciones y una mayor exigencia para los operadores frente al sistema de comunicaciones, ampliando la regulación de los

servicios OTT (Over The Top), que antes estaban por fuera de esta reglamentación y que ahora contribuirán a la financiación del servicio universal.

De esta manera, [11] expone que una de las finalidades para implementar redes comunitarias de internet, es la agrupación de una gran diversidad de proyectos y experiencias en el despliegue de infraestructura, impulsado por la comunidad local como reemplazo de los operadores comerciales. Este desarrollo implica la movilización y coordinación de esfuerzos y recursos humanos, técnicos y financieros que construyan una infraestructura de red por parte de la comunidad que, por lo general, se lleva a cabo sin fines de lucro.

Las ideas expuestas con anterioridad acerca de las CN, se encuentran encaminadas a que las generaciones futuras tengan acceso a internet partiendo de la construcción, promoción y defensa del mismo, con el propósito de beneficiar a las comunidades, quienes deben tomar el futuro en sus propias manos. Para cerrar esta brecha se requieren personas apasionadas, con soluciones creativas, además de la colaboración entre la comunidad, organizaciones globales, líderes gubernamentales, técnicos, académicos, investigadores, filántropos y regionales, entre otras [16].

Por lo tanto, existen algunas organizaciones que se han dedicado al desarrollo de las CN, como lo son Internet Society, la Fundación Mozilla y la Agencia Sueca de Desarrollo Internacional, que impulsan la defensa y la construcción de un movimiento en torno a ellas. Las redes comunitarias se pueden poner en funcionamiento de un modo total o parcial, donde a través de las diferentes partes interesadas locales, ONG, entidades del sector privado y públicas, se dirijan hacia el mismo objetivo. [17].

Teniendo en cuenta lo planteado y de acuerdo con el objetivo que trata la revisión bibliográfica acerca de las temáticas relacionadas con "implementación de las redes comunitarias (CM) para la reducción de la brecha digital", se establecen tres perspectivas a saber: políticas, infraestructura y capital social.

A. POLÍTICAS

Las políticas, leyes y reglamentaciones que se encuentran en pro de la utilización de las redes comunitarias como vehículo para la reducción de la brecha digital, pueden ser escasas y los países que las implementan son muy pocos o no cuentan con todo lo necesario para su cumplimiento.

De esta manera, [18] afirma que la promoción de políticas también fue clave para la primera generación de CN en la década de 1990, y la defensa por las CN tuvo como objetivo, promover regulaciones específicas con respecto a la adopción y el uso de una determinada tecnología para su despliegue. Según esto, varios centros de poder han regulado el ecosistema de las telecomunicaciones, entre ellos, la oficina de Libertad de expresión de la UN-ESCO, que amplía dichas políticas a partir de los "indicadores de universalidad de Internet" publicados en 2018 y que tienen como propósito, evaluar el desempeño de cada país en función de la existencia de marcos legales de redes comunitarias.

En consecuencia, se debe asegurar que cualquier regulación o política pública, garantice de manera adecuada y completa el acceso a internet, teniendo en cuenta que es importante salvaguardar el derecho a la privacidad, a la igualdad y a la no discriminación; igualmente, la libertad de expresión, entre otros derechos [19].

No obstante, [19] asegura que toda política de acceso a internet debe incorporar tres principios: cobertura abierta y competitiva, sin limitación de acceso a contenidos y con total apego al principio de neutralidad de la red; y por otra parte, el acceso a dispositivos en cantidad y calidad, acordes con las necesidades de las personas y tomando en consideración sus vulnerabilidades físicas y socioeconómicas; igualmente, el acompañamiento a procesos de alfabetización, desarrollo de competencias y habilidades digitales.

Así pues, en cuanto al marco regulatorio en la región de Argentina, se necesitan actualizaciones para dar cumplimiento a las recomendaciones de CITELE y UIT, en materia de fomento a los prestadores sin fines de lucro que operan en zonas rurales o desatendidas. Así mismo, se requiere homologar la legislación nacional reconociéndose la existencia de medios sociales comunitarios y no

lucrativos y su trato diferenciado y favorable [20].

De esta manera [21], en países latinos se han implementado algunas mediciones que tienen como finalidad tomar decisiones con respecto a las políticas y programas públicos asociados a las TIC - entre otros aspectos -, para su vigilancia, en donde se destacan estrategias nacionales para la sociedad de la información y la caracterización del estado de avance, en relación con el gobierno electrónico.

Aunque se cuente con organizaciones a nivel mundial que regulen el tema de las telecomunicaciones, aún las CN son un tema poco abordado. Por lo anterior, se han organizado cumbres a nivel Latinoamericano. Así, [20] se enfoca en que se deben desarrollar políticas y mecanismos claros y ágiles para la asignación de Fondos de Servicio Universal, a redes comunitarias.

Las cumbres tienen como fin intercambiar experiencias, realizar mejores prácticas que incluyan cuestiones relacionadas con género, marcos regulatorios, contenidos locales y estrategias metodológicas para el trabajo comunitario, además de acciones para la promoción y despliegue de nuevas redes [22]. Por otro lado, se tiene en cuenta lo relacionado con el licenciamiento para que los mecanismos que se establezcan sean claros y ágiles facilitando el acceso a las licencias y recursos necesarios para la operación legalmente reconocida por el Estado [20]

De esta forma, el trabajo en equipo entre gobiernos y reguladores de telecomunicaciones [23], permiten un avance en cuestiones políticas para promover el desarrollo de CN con el fin de cerrar la brecha de las telecomunicaciones a través de un Marco de Licencias Convergentes, lo que permite el despliegue de Redes de Próxima Generación, como las CN de bajo costo.

Así mismo, la UIT y la CE [23], se han fijado el objetivo de promover la separación y el uso compartido de la infraestructura a través de la legislación, la regulación y los subsidios. Desde esta perspectiva, la apertura de una red está caracterizada por la presencia de múltiples proveedores en el mercado, que ofrecen a los clientes la oportunidad de elegir entre ellos.

Al estar cada día más presentes las iniciativas de las CN y su presencia en las zonas de difícil acceso, [24] hace una serie de recomendaciones que se dividen en seis áreas críticas: inclusión, consulta comunitaria, participación; derechos de espectro y soberanía; también, el involucrar la capacidad local en las comunidades indígenas; igualmente, infraestructura y propiedad; y más allá de la infraestructura, se encuentran: la alfabetización digital, soberanía de datos y sostenibilidad; asequibilidad; y un mapeo efectivo y preciso.

Aun cuando no son numerosos los países que tienen la iniciativa de contar con redes comunitarias por parte de sus gobiernos, en Colombia [15] según la Ley 1955 de 2019, el Estado determinó que se deben diseñar e implementar planes, programas y proyectos que promuevan de forma prioritaria el acceso y el servicio universal a las TIC, que busquen aumentar y masificar el acceso a Internet. Para ello, el gobierno impulsará estrategias que fomenten el uso de tecnologías costo eficientes para optimizar la inversión, en beneficio de la población pobre y vulnerable.

A nivel general, se puede entender que existe un desafío para aquellos que son formuladores de políticas que deben estar al día con los avances tecnológicos; de esta manera, para diseñar y ejecutar soluciones, es fundamental involucrar a expertos de múltiples disciplinas. En efecto, se produce una brecha entre la legislación y la puesta en marcha de las CN, donde se reduce la eficiencia de los que trabajan con estas alternativas de acceso a internet [25].

B. INFRAESTRUCTURA

Las infraestructuras que se implementan en las CM han cambiado con el pasar de los años; esto depende de diferentes factores que inciden en la escogencia del hardware y del software, necesarios para el despliegue de las redes en las zonas rurales y de difícil acceso. De esta manera, según [26], la implementación de una nueva infraestructura consta de varios procesos, como la solicitud de licencias de uso, el pedido de equipos, la instalación física, las pruebas, el desarrollo de equipos y software de medición de rendimiento y uso, la instalación de equi-

pos de medición y la comunicación de actualizaciones con los órganos de gobierno locales.

Con base en lo anterior, lo que genera un estancamiento en gran número de comunidades rurales en países en desarrollo que no tienen acceso a servicios de comunicaciones, se puede atribuir a que esta brecha de conectividad se debe principalmente a los modelos de negocio urbanos de los operadores tradicionales, que no llegan a ser rentables en regiones que se caracterizan por el aislamiento y la escasez de recursos [19]. Sin embargo, esta no es la única causa; también se encuentran otras razones como lo es la geografía que puede obstaculizar el despliegue de infraestructuras de red; por otro lado, las poblaciones rurales de los países en desarrollo, tienen altos índices de pobreza, lo que las convierte en un segmento de clientes poco rentable [27].

Esto indica que el apoyo por parte de los gobiernos no ha generado algún tipo de regulaciones para reducir el costo del despliegue de las CM, particularmente, en aquellos lugares donde se carece de infraestructura de TIC. A partir de los datos Indicadores de TIC, el gobierno ha puesto un mayor énfasis en ayudar a las áreas rurales, de forma similar a su estrategia para reducir la brecha rural-urbana. De acuerdo con [28], el Estado debería ser el principal responsable de proporcionar la infraestructura digital y garantizar el acceso digital para todos, tanto económica como socialmente. Igualmente, con la reducción de la tarifa para las personas marginadas, se debería iniciar la alfabetización mediática, como parte de los currículos escolares.

En relación con el despliegue de infraestructura en redes de internet, [19] ha afirmado que la ruralidad afectada debe gozar de los mismos derechos, que la zona urbana. Para ello se ha trabajado en la destinación de fondos de inversión a planes de conectividad para mitigar las brechas digitales en las zonas rurales y remotas a través de tecnología de fibra óptica y cobertura inalámbrica móvil. Así mismo, para cubrir la necesidad de las zonas rurales, se debe contar con la infraestructura adecuada y con redes rurales de bajo costo, apropiadas para las comunidades rurales desconectadas en los países en desarrollo [23].

Al hablar de la infraestructura, en [29] se contemplan tres capas: la pasiva, que hace referencia al equipo físico necesario para desplegar la red; también, la infraestructura activa que trata el equipo físico electrónico de una red, como enrutadores. Así, el equipo activo necesita seguir los rápidos avances de la tecnología y renovarse con frecuencia. La tercera, es la capa de servicios, que corresponde a los servicios de telecomunicaciones.

Estas iniciativas varían en cuanto a las tecnologías elegidas para las redes de acceso que son propiedad de la comunidad: mientras que algunas usan WiFi, los reguladores han permitido a otras usar RAN, para lo cual emplean soluciones abiertas como OSMOCOM OpenBSC u OpenBTS en la infraestructura [27]. Este mismo autor presenta algunas iniciativas implementadas para el despliegue de la red de acceso, como son las femtoceldas del fabricante IPAccess, y para la red de transporte, se probaron tecnologías basadas en WiFi del fabricante Mikrotik.

De igual manera, se encuentra la tecnología que incluye banda ancha satelital, banda ancha celular, como por ejemplo, el empleo de GPRS, HSPA (acceso a paquetes de alta velocidad) y LTE (evolución a largo plazo); y otras tecnologías inalámbricas. La mayoría de estas tecnologías, con la excepción de TVWS y Wi-Fi, requieren una licencia para operar en el espectro de RF (radiofrecuencia) [30].

En consecuencia, al tener diversas posibilidades de implementación de la infraestructura, [30] contempla el análisis del terreno para conocer las características geográficas del área de servicio. Estas características incluyen la densidad de estaciones, la ganancia o pérdida de elevación, la obstrucción de señales inalámbricas, como abundancia de árboles, lagos, terreno montañoso, entre otras.

Otra alternativa para llevar a cabo la infraestructura, es llevar el 5G hacia áreas rurales y de bajos ingresos lo cual sigue teniendo desafíos. Para la adopción de esta solución [8], se implementó la reutilización de los componentes de red, la explotación de hardware básico, el despliegue de dispositivos de eficiencia energética alimentados por energía solar, los vehículos aéreos no tripula-

dos y las técnicas de radio avanzadas. Todas estas soluciones se han utilizado para disminuir el costo de diseño y administración de la red 5G.

Por otra parte, la tecnología utilizada se basa en bandas de baja frecuencia como el espacio en blanco que puede alcanzar distancias mucho más largas, en comparación con las proporcionadas por las frecuencias más altas, esgrimidas por las tecnologías inalámbricas actuales y la próxima generación de tecnología 5G [8].

De esta forma, dentro de las diversas alternativas tecnológicas para la implementación de internet en áreas vulnerables, se ha incluido un proyecto de satélites de órbita terrestre baja, que según [31] explorará las ventajas y desventajas de los sistemas satelitales LEO para abordar la brecha digital. Así, los avances en la tecnología espacial han permitido que los satélites en órbita LEO, a menos de 2000 km del suelo, brinden un acceso a Internet más rápido y de mayor capacidad.

Desarrollando el análisis de los modelos alternativos, se planteó el Internet de Todos (IoEO), el cual se enfoca en el cambio social que se puede lograr conectando a "todos", mediante proyectos que implementan programas FP7 y H20203. Para ello, se efectuaron ensayos utilizando antenas omnidireccionales o antenas direccionales hechas a mano, para la creación de redes Wi-Fi en malla que podían escalar hasta unas pocas decenas de nodos [32].

Por otra parte, la Asociación del Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSMA) [33], ha identificado tres aplicaciones principales en las que los costos de infraestructura pueden ser restrictivos: estaciones base móviles (BS), que brindan cobertura a un área; tecnología de backhaul, que enruta las llamadas de voz y los datos generados por el usuario a la red central, incluidas las tecnologías inalámbricas y por cable; y la energía que permite que ambos componentes funcionen.

A lo anterior se suma Meta/Facebook, con una solución de conectividad llamada SuperCell, que incluye dos componentes esenciales: una torre de altitud robusta con antenas de alta ganancia

para una amplia cobertura y una sectorización de alto orden para ofrecer una mayor capacidad a través de una gran reutilización de frecuencias [33]. Lo anterior, no solamente es aplicable a la infraestructura en tierra; también hay alternativas como los UAV, que por medio de asignaciones a diferentes altitudes de un enjambre, proporciona mayor cobertura en áreas rurales y minimiza el consumo de energía. Dilatando el propósito de estos vehículos aéreos no tripulados, al igual que los modelos de aprendizaje profundo, se podrían entrenar para fines de conectividad o aplicaciones como la agricultura o la seguridad [33].

Siguiendo la línea de la implementación de UAV, los protocolos de red deben ampliarse para incluir la adaptación espacial. Para resolver este problema, a diferencia de las redes 5G bidimensionales actuales, 6G contempla el despliegue de redes no terrestres (NTN) en 3D, a través de plataformas aéreas/espaciales como vehículos aéreos no tripulados (UAV), estaciones de plataforma de gran altitud (HAPS) y satélites (por ejemplo, constelaciones de órbita terrestre baja (LEO) para conectividad de última milla [34].

La explotación de vehículos aéreos no tripulados (UAV) que brindan cobertura 5G por medio de una red de radio basada en UAV, presenta según [35] varias ventajas, entre ellas: en primer lugar, la posibilidad de cubrir solo las zonas del territorio donde se encuentran los usuarios; en segunda instancia, una disminución general de los costos de instalación, y por último, la adopción de canales de comunicación de línea de vista.

Por consiguiente, con el fin de alcanzar cada una de las alternativas planteadas anteriormente, se requiere consultar con expertos locales en Tecnologías de la Información sobre infraestructura y planes de crecimiento. Los expertos locales en TI tienen el conocimiento técnico para comprender las historias, realidades y limitaciones de dichas tecnologías, al igual que lo relacionado con comunicaciones, de tal forma que se encuentren en sintonía con las necesidades locales de la información [26].

Con anterioridad, [36] hablaba de la exploración en la órbita LEO; desde este punto se contempla

que los HAP ofrecen un método centralizado en donde todas las bases de las estaciones se ubican en una sola plataforma para su sincronización. Así, encontrándose aquellas diseñadas, se aprovecha mejor su arquitectura y, por lo tanto, se utilizan frecuencias de los sistemas terrestres y satelitales. En consecuencia, los beneficios de los HAP sobre los sistemas satelitales e inalámbricos terrestres, consiste en la ventaja de costos de estos sobre los sistemas terrestres. De esta forma, los HAP brindan una mejor cobertura a un costo menor, son fáciles de instalar y permiten una implementación extendida.

Desde otra perspectiva, se ha considerado una infraestructura que implica gran robustez en cada una de sus partes, pero no hay que dejar de lado alternativas como el LTE, mismo que juega un papel cada vez más crítico en la provisión de acceso generalizado a Internet. En efecto [37], la dependencia de los teléfonos inteligentes de la banda ancha móvil para acceder a Internet en el hogar hacia áreas con una gran cobertura, deriva una calidad de señal muy baja. al ser de mayor cubrimiento se debe trabajar en su mejoramiento debido que es una de las más utilizadas.

Así pues, como actualmente se habla de nuevas implementaciones a nivel de telecomunicaciones, no se debe dejar de lado la participación de la innovación que trae la 4RI, que debe abordarse no solo desde sus aspectos prácticos y físicos, sino también, desde los problemas que genera en el ámbito del poder, el control y en la forma como se desarrolla y aplica esta tecnología en las áreas rurales. Esto se puede ver en el borrador de Principios de Política Rural de la OCDE, que establece: "las oportunidades en las áreas rurales van mucho más allá de la agricultura" [38]. Desde este ángulo se ha hablado de 4RI, UAV, satélites y otras tantas opciones de infraestructura, pero no se ha contemplado un ecosistema de TIC sostenible [39], el cual surge a partir de la evaluación de redes ecológicas que aprovechan las redes definidas por software y el Protocolo de Internet versión 6 (IPv6).

Desde este sentido se infiere, que las redes ecológicas se ocupan principalmente del diseño, el desarrollo y la implementación de infraestructura

turas de TIC, respetuosas con el medio ambiente que, entre otras cosas, contribuyen a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante el uso de tecnologías con eficiencia energética para alimentar los dispositivos de red, el diseño de redes e implementación de dispositivos de eficiencia energética y la implementación de enrutamiento, así como la conmutación ecológica.

La principal motivación detrás de las TIC verdes, desde el punto de vista de [39], es reducir el consumo de energía y las emisiones de CO2 en las redes de entrega, con el objeto de minimizar la sostenibilidad operativa en las redes inalámbricas, al igual que reducir el costo operativo del proveedor de servicios y mejorar la QoS.

Las evidencias anteriores permiten tener una visión más amplia de las posibilidades de implementar infraestructura en zonas de difícil acceso, siempre y cuando sean evaluadas cada una de las características de la comunidad, con la intención de lograr una opción más funcional; de esta manera, se habla a nivel general de ventajas y desventajas que se pueden presentar a la hora de su escogencia. A continuación, se presentan las características de cada una de ellas:

Ventajas

Existe evidencia, de acuerdo con [23] que indica cómo la presencia de infraestructura digital puede desempeñar una mejora indirecta del desarrollo económico, permitiendo a las comunidades obtener acceso a productos y servicios digitales, lo que puede mejorar las actividades económicas de estas comunidades.

De esta forma, la participación en un CN puede generar beneficios adicionales para sus usuarios quienes son los encargados de mantener su propia infraestructura. Al estar involucrados en el sostenimiento de la red, se genera un crecimiento del capital humano [29].

Igualmente, por lo que se refiere a conectividad, según [33], ésta permite a las comunidades de las zonas rurales beneficiarse del aprendizaje en cuanto al entorno electrónico. Por otro lado, el invertir en ella por parte de estas áreas, mejoraría

aspectos como la salud, la educación, la agricultura y la seguridad.

Desventajas

Para lograr implementar alguna de las opciones de infraestructura, se debe contemplar el costo, el cual es importante para su despliegue que, en la mayoría de ocasiones, suele ser un factor determinante para su expansión; por tanto, se deben estimar costos de instalación, que incluyen transporte, instalación y configuración del equipo [27].

Por otro lado, la topografía y la geografía de las zonas rurales imponen varios desafíos, como el difícil acceso, la escasez de energía, la baja densidad de población y la falta de rentabilidad para que los operadores de telecomunicaciones implementen sin problemas la infraestructura [8], [38]. Lo anterior, complejiza la reducción de la brecha digital y por ende, la igualdad tecnológica social a nivel mundial.

C. CAPITAL SOCIAL

El capital social se puede comprender, como los actores que participan en todo el proceso de implementación de la red comunitaria. Los tres actores principales, como lo son: el estado, el mercado y la comunidad, cada uno asume un rol específico para cerrar la brecha digital en función de esos vínculos. La intervención del estado se enfoca en provisionar de infraestructura, acceso y alfabetización a la comunidad. El mercado, actúa como facilitador de innovación y capacitación en TIC. Y, por último, los intermediarios en una comunidad son, de hecho, los más potenciales para comprender los vínculos rural-urbano, así como para introducir la domesticación y apropiación de las TIC en función de su espacio vital y contexto [28].

De esta manera, algunos proyectos de redes comunitarias de internet hacen referencia a que no se trata solamente de crear las condiciones materiales y el ambiente físico apropiado para la conectividad, sino también, de generar una transformación cultural en los usuarios, en cuanto a la apropiación de la tecnología, con la finalidad de dar paso a la creación de oportunidades para

la convivencia y la participación ciudadana [11]; así las cosas, se generan conocimientos técnicos dentro de los miembros de una comunidad.

Con base en lo anteriormente expuesto, en el Foro de Gobernanza de Internet de las Naciones Unidas y la participación Coalición Dinámica sobre Conectividad Comunitaria, que da paso a que más países tomen la iniciativa para la creación de políticas en donde se tengan en cuenta las necesidades de las zonas rurales y se incluya la participación de actores sociales de dichos lugares, se estableció que las redes comunitarias deben estar estructuradas para ser abiertas y gratuitas, en donde se respete la neutralidad de la red.

Como complemento a lo anterior, también se habla de "autodeterminación de la red", el cual desempeña un papel fundamental en la comunidad, por cuanto permite que los individuos se asocien y junten esfuerzos para avanzar en la reducción de la brecha digital desde una manera colaborativa. Por ende, se generan nuevas oportunidades de negocio y acceso a la información, para colmar las lagunas dejadas por el paradigma "tradicional" de provisión de acceso a Internet [40].

Por tal razón, con el fin de lograr la participación activa de las comunidades [41], se han desarrollado acciones educativas que se encuentran centradas en: Acceso a Internet; Cursos de alfabetización digital, como lo son: informática básica, intermedia y avanzada, educación financiera y capacidades emprendedoras; y, por último, asesoría y asistencia técnica a través de teleconferencias, uso guiado de los telecentros y otras herramientas. Al capacitarlos y contar con el apoyo del capital social, se espera suplir los recursos económicos, financieros y materiales.

Como se ha mencionado con anterioridad, otra forma de contribuir a la construcción del capital social son las capacitaciones a través de las plataformas, las cuales permiten transferir conocimientos y habilidades a la comunidad, en diferentes aspectos como el técnico y el comercial del proyecto que se esté implementado en la comunidad, debido a que estos varían según la necesidad de las personas. Cabe resaltar que la participación no es excluyente: tanto hombres como

como mujeres pueden hacer el mismo trabajo; de esta manera, cada uno puede administrar el aspecto técnico de la red comunitaria [42], [43].

Se debe tener en cuenta que la participación no es únicamente de la comunidad, dado que para resolver diversos problemas que se presenten en la instalación y sostenimiento de las CN, se debe generar una comunicación y apoyo por parte del gobierno. De acuerdo con [44], aunque existen organizaciones que capacitan para construir, mantener y operar la red comunitaria, estas deben garantizar la disponibilidad de fondos suficientes para pagar el servicio de Internet y el mantenimiento del equipo. En relación con ello, el estado debe tener más participación en los diferentes procesos que aseguren el cumplimiento de tales compromisos.

El capital social no solo participa en capacitaciones o talleres donde se faculte en CM, sino que también, aporta infraestructura como lo es su hogar, el cual debe encontrarse bien posicionado geográficamente, para la disposición de las torres y componentes que permitirán acceder a la red [45].

Con el objeto de mantener la CN, en opinión de [46], se espera que a cada miembro de la comunidad le sea instalado su propio equipo y le sea otorgada una participación activa en las sesiones de capacitación, con el fin de mantener su nodo. Esto genera una alta responsabilidad en la comunidad donde algunos miembros asumen roles para comprar equipos, coordinar, mantener registros, cobrar tarifas, enseñar a otros, crear material de capacitación y proporcionar herramientas. De igual manera, se involucra continuamente a los usuarios en el diseño de la red, con el fin de tener en cuenta las necesidades, conllevando a la apropiación por el cuidado de la infraestructura compartida.

Por ende, para el logro de la inclusión digital y la participación de la comunidad, es indispensable contar con telecentros dotados de equipos, programas y mobiliario, además del acceso a Internet, la capacitación de los coordinadores, la instalación y el mantenimiento de los equipos informáticos [47]. Lo anterior permite inferir que, lograr el desarrollo de habilidades y competencias

digitales en cada uno de los miembros de la comunidad, favorece la mejora de su condición de vida, no solo propia sino también, de la colectividad.

Finalmente, diversas comunidades están en situaciones de desigualdad digital, en lo que atañe a género, raza, clase social, geografía y cultura, lo que genera desventajas digitales al no tener acceso a internet para capacitarse o incluso, al no contar con apoyo para la participación en dichos entornos. Esto sugiere que las personas que están inmersas en una red continua de apoyo socio-digital, se encuentran dotadas de fuertes habilidades digitales y por tanto, alfabetizadas en lo concerniente a las TIC [48].

D. OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS

A lo largo del documento se han expuesto diferentes factores que ayudan a promover la implementación de las redes comunitarias para el acceso a internet y las TIC; de igual manera, se trataron puntualmente las ventajas y desventajas a tener en cuenta con respecto a la infraestructura que se elija y lo que conlleva esta implementación.

Como complemento a lo anterior, a continuación, se exponen algunas oportunidades que se presentan en las comunidades al contar con las CN y también, cómo se pueden llegar a potencializar dichas zonas en diferentes aspectos, con el objeto de contribuir en la reducción de la brecha digital a nivel mundial.

Una de las oportunidades, según argumenta [23], es el "compartir la infraestructura", lo que conlleva a obtener beneficios para los diversos proveedores de servicios de red y la comunidad que tenga acceso, lo que trae como efecto, la generación de ingresos que pueden emplearse para mantener el sistema.

Por otro lado, el contar con acceso a la tecnología digital y al internet, permite el surgimiento de nuevos mercados, abriendo la participación no solo a las empresas ya establecidas, sino también, a empresas digitales emergentes en economías rurales y urbanas [28]. Como ejemplo se trae a colación, que con el propósito de promover el uso de Internet, la Fundación de Internet de

Nepalí, en donde se capacitó a los estudiantes, al igual que a 17 empresarias, sobre cómo hacer crecer sus negocios en línea, utilizando distintas plataformas y aplicaciones, como redes sociales, comercio electrónico, pagos y servicios en línea [44].

Lo anterior significa que, las redes comunitarias impelen a ir más allá de la conectividad de última milla y generan un compromiso con las especificidades de la economía, la política, la cultura y las desigualdades presentes dentro de las áreas, las comunidades y las personas, avanzando hacia una vida más pacífica y social [49].

Entonces, además de promover la digitalización, las CN permiten también generar competitividad entre las sociedades, y de esta manera, influir de manera directa y positiva entre el aumento de la banda ancha y el PIB. Aunque la digitalización es importante, ésta aumenta la labor de proporcionar las herramientas educativas necesarias, lo cual se lleva a cabo por medio de puntos de acceso a la red e introduciendo programas educativos, lo que mejorará el nivel de alfabetización digital [50].

Igualmente, al contar con este tipo de redes, en conformidad con [51]- [52], se puede acceder o participar en la economía por Internet, lo que permite a las colectividades un nuevo empleo como método de trabajo a distancia; de igual manera, la inversión permite oportunidades en la salud, educación y diferentes servicios públicos. Se deduce pues, que la reducción de las desigualdades en el acceso a los determinantes sociales sólo será podrá cumplir, siempre y cuando se mejore el acceso digital de manera equitativa.

De acuerdo con todo lo plasmado en torno a las redes comunitarias, se observa un gran aporte al cumplimiento de algunos objetivos de desarrollo sostenible, a partir de la creación de alianzas para apoyar el despliegue de soluciones de conectividad a nivel mundial, potencializando el estudio y mejoramiento de infraestructura, capacitación de las personas, promoviendo a su vez en las partes interesadas, un compromiso que les ayude a acercarse a la meta de la conectividad universal [43].

En cuanto a los obstáculos que se presentan en las

comunidades, [36] se encuentran varios retos a superar, que incluyen la falta de infraestructura, un ingreso promedio bajo por usuario, la geografía y la falta de energía en muchos de los puntos.

Por otra parte, los costos de implementación son una de las razones por las cuales la puesta en marcha de las redes comunitarias no se genere de manera óptima, lo que genera que las comunidades rurales queden rezagadas del acceso a la tecnología. A lo anterior se suma, que las empresas de telecomunicaciones quieran obtener de manera casi inmediata, el retorno de lo que invirtieron en dichas zonas, con altos costos de implementación, debido a barreras de acceso que incluyen factores demográficos como el nivel de ingresos, la raza, la edad, el nivel de educación, la inaccesibilidad que dificulta el despliegue y el mantenimiento regular de las infraestructuras de red, incluida, la falta de espectro favorable, de infraestructura y red eléctrica, dando paso a los altos precios en los servicios que ofrecen. En concordancia con [53]- [34], una solución alternativa para reducir los costos de la mencionada ejecución, son los satélites.

IV. CONCLUSIONES

En el documento se lograron identificar diferentes variables que se deben contemplar para la implementación de internet y telecomunicaciones en zonas rurales que aún se encuentran marginadas con respecto a la inclusión digital. De esta manera, se puede afirmar que falta mayor presencia de los gobiernos y entidades públicas para llevar a cabo la reducción de la brecha digital.

No obstante, se debe también intervenir en la creación de políticas y regulaciones que fomenten la participación de las redes comunitarias como alternativas de bajo costo, con el fin de llegar a más lugares geográficos y permitirles estar informados, de tal forma que gocen de mayores oportunidades que aporten a su crecimiento económico, capacitación y profesionalismo, oportunidades laborales, atención médica, entre otras que propicien el progreso de la región.

Cabe resaltar que las redes comunitarias son uno de los medios que permitirán el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sosteni-

ble y que para ello, se debe realizar el aporte de las diferentes partes, como lo son los gobiernos, las empresas de servicios y la comunidad, con la finalidad de trabajar en torno a sus necesidades, mas no de una empresa que no hace presencia o que poco incentiva a las personas para su propia autosostenibilidad y autogestión.

V. REFERENCIAS

- [1] P. Hirshberg, « Open Mind BBVA,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.bbvaopenmind.com/articulos/primeros-los-medios-y-luego-nosotros-como-ha-cambiado-internet-la-naturaleza-fundamental-de-la-comunicacion-y-su-relacion-con-el-publico/>. [Último acceso: 08 2022].
- [2] J. Toro, «La Republica,» 05 05 2021. [En línea]. Available: <https://www.larepublica.co/globoeconomia/durante-la-pandemia-600-millones-de-personas-en-el-mundo-no-tienen-conexion-a-internet-3164400>. [Último acceso: 08 2022].
- [3] A. Gil, «El Orden Mundial,» 25 05 2021. [En línea]. Available: <https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/mapa-acceso-internet-mundo/>. [Último acceso: 08 2022].
- [4] I. A. d. C. p. I. Agricultura, «Instituto Americano de Cooperación para la Agricultura,» 29 10 2020. [En línea]. Available: <https://iica.int/es/prensa/noticias/al-menos-77-millones-de-personas-sin-acceso-internet-de-calidad-en-areas-rurales-de>. [Último acceso: 08 2022].
- [5] U. I. d. T. UNICEF, «UNICEF.org,» 01 12 2020. [En línea]. Available: <https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/dos-tercios-ninos-edad-escolar-mundo-no-tienen-acceso-internet-en-hogar>. [Último acceso: 08 2022].
- [6] Portafolio, «Revista Portafolio,» 20 03 2019. [En línea]. Available: <https://www.portafolio.co/economia/en-colombia-el-50-de-los-hogares-no-tiene-internet->. [Último acceso: 08 2022].

[7] U. I. d. Comunicaciones, «ITU,» 12 2021. [En línea]. Available: <https://www.itu.int/es/mediacentre/backgrounders/Pages/icts-to-achieve-the-united-nations-sustainable-development-goals.aspx>. [Último acceso: 10 11 2022].

[8] R. L. V. M. S. F. W. L. A. G. S. C. J. W. P. P. Latapu, «IEEEEXPLORE,» 03 2018. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Luca-Chiaraviglio/publication/324646030_Bridging_the_Digital_Divide_In_Tonga_Through_A_Sustainable_Multi-tenancy_Broadband_Infrastructure_Are_We_Ready/links/61e7c77f5779d35951b-b027f/Bridging-the-Digital-Divide-In-Tonga. [Último acceso: 06 10 2022].

[9] E. C. K. Sanders., «National Library of Medicine,» 19 03 2021. [En línea]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7973804/>. [Último acceso: 01 10 2022].

[10] G. Gross, «Internet Society,» 24 05 2018. [En línea]. Available: <https://www.internetsociety.org/blog/2018/05/community-networks-can-bridge-the-digital-divide-but-some-still-need-to-be-convinced/>. [Último acceso: 08 10 2022].

[11] M. Baladrón, «Revistas UNLP,» 30 07 2018. [En línea]. Available: <https://revistas.unlp.edu.ar/hipertextos/article/view/7646/6683>. [Último acceso: 20 09 2022].

[12] M. H. C. S. Y. L. Gwaka, «Research Gate,» 03 2022. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/359562144_Community_networks_as_models_to_address_connectivity_gaps_in_underserved_communities. [Último acceso: 08 10 2022].

[13] M. I. Baladrón, «Tripodos,» 04 06 2020. [En línea]. Available: <https://raco.cat/index.php/Tripodos/article/view/369934>. [Último acceso: 16 10 2022].

[14] I. Society, «Internet Society,» 10 10 2017. [En línea]. Available: <https://www.internetsociety.org/policybriefs/spectrum/>. [Último acceso: 01 10 2022].

[15] L. G. R. L. M. H. Zapata, «Dialnet,» 29 07 2021. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8510528>. [Último acceso: 17 10 2022].

[16] I. Society, «Internet Society,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2021/12/2022-ISOC-Action-Plan-EN.pdf>. [Último acceso: 19 10 2022].

[17] N. J. Bidwell, «ACM Digital Library,» 17 06 2020. [En línea]. Available: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3392561.3394649>. [Último acceso: 23 10 2022].

[18] M. D. d. R. F. Tréguer, «ResearchGate,» 07 2020. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/342882127_The_Political_Defence_of_the_Commons_The_Case_of_Community_Networks. [Último acceso: 18 10 2022].

[19] O. CIDH, «oas.org,» 2020. [En línea]. Available: http://www.oas.org/es/cidh/sacroi_covid19/documentos/03_guias_practicas_internet_esp.pdf. [Último acceso: 09 2022].

[20] DECROM, «DECROM, SOCIALES-UBA,» 09 2018. [En línea]. Available: http://dercom.sociales.uba.ar/wp-content/uploads/sites/73/2019/06/Declaracion%20CLRC-2018_1.pdf. [Último acceso: 17 10 2022].

[21] R. A. A. L. M. D. D. d. L. C. Dulce Angélica Gómez Navarro, «Scielo,» 04 08 2020. [En línea]. Available: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-80642018000100047&script=sci_arttext. [Último acceso: 09 2022].

[22] I. Rosas, «Internet Society,» 24 09 2019. [En línea]. Available: <https://www.internetsociety.org/es/blog/2019/09/operadores-de-redes-comunitarias-se-reunen-en-colombia-para-seguir-construyendo-a-internet/>. [Último acceso: 17 10 2022].

[23] J. M. T. L. T. Gwaka, «Wiley Online Library,» 19 04 2018. [En línea]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/isd2.12029>. [Último acceso: 29 09 2022].

[24] I. Society, «Internet Society,» 18 11 2021. [En línea]. Available: https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2021/11/2021-ICS-Recommendations_Oct-26-2021-EN.pdf. [Último acceso: 08 10 2022].

[25] S. V. B. A. M. W. P. K. C. I. C., «IEEEExplore,» 02 03 2022. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&number=9726156>. [Último acceso: 18 10 2022].

[26] H. Z. B. M. N. Duarte, «Research Gate,» 03 07 2021. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/352965550_As_a_Squash_Plant_Grows_Social_Textures_of_Sparse_Internet_Connectivity_in_Rural_and_Tribal_Communities. [Último acceso: 19 10 2022].

[27] J. A. V. O. M. C. C. B. J.-R. D. Q. A. B. F. M.-F. IgnacioPrieto-Egido, «Science Direct,» 11 2020. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308596120301312>. [Último acceso: 01 10 2022].

[28] A. Hadi, «digilib.mercubuana,» 21 07 2018. [En línea]. Available: http://digilib.mercubuana.ac.id/manager/t!@file_artikel_abstrak/Isi_Artikel_191114375306.pdf. [Último acceso: 30 10 2022].

[29] M. K. I. K. B. V. B. M. P. A. Panagiota, «IEEEEXPLORE,» 21 03 2018. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8320771>. [Último acceso: 09 2022].

[30] A. N. M. J. Q. A. Hameed, «Research Gate,» 07 2018. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/310817056_Low-cost_sustainable_wireless_Internet_service_for_rural_areas. [Último acceso: 05 10 2022].

[31] D. York, «Internet Society,» 02 02 2022. [En línea]. Available: <https://www.internetsociety.org/blog/2022/02/what-is-a-leo-satellite-system-and-can-it-help-build-a-bigger-internet/>. [Último acceso: 18 10 2022].

[32] L. Maccari, M. Karaliopoulos, I. Koutsopoulos, L. Navarro, F. Freitag y R. LoCigno, «IEEEEXPLORE,» 23 08 2018. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8443200>. [Último acceso: 19 10 2022].

[33] M.-S. A. F. F. S. H. A., «Cornell University,» 25 02 2022. [En línea]. Available: <https://arxiv.org/abs/2202.12683>. [Último acceso: 19 10 2022].

[34] A. Chaoub, M. Giordani, B. Lall, V. Bhatia, A. Kliks, L. Mendes, K. Rabie, H. Saarnisaari, A. Singhal, N. Zhang, S. Dixit y M. Zorzi, «IEEEEXPLORE,» 05 07 2021. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9474929>. [Último acceso: 18 10 2022].

[35] L. C. D. B.-M. L. Amorosi, «IEEEEXPLORE,» 14 06 2018. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Luca-Chiaraviglio/publication/323915666_Energy-Efficient_Mission_Planning_of_UAVs_for_5G_Coverage_in_Rural_Zones/links/5ab27430aca2721710019b0c/Energy-Efficient-Mission-Planning-of-UAVs-for-5G-Coverage-in-Rural-Zones.p. [Último acceso: 21 10 2022].

[36] K. K. L. P. M. T. B. H. M. Hussien, «JENRS semantic scholar,» 14 03 2022. [En línea]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/d6a6/5bb4be2103ddb4fcb2b88d5ec489841fb574.pdf>. [Último acceso: 20 10 2022].

[37] N. P. M. G. V.-H. Z. B. Adarsh, «IEEEEXPLORE,» 14 03 2022. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9522152>. [Último acceso: 23 10 2022].

[38] L. T. K. S. Cowie Paul, «sciencedirect,» 13 08 2020. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0743016720310834>. [Último acceso: 01 11 2022].

[39] D. B. R. S. R. J. M. M. K. Babu R. Dawadi, «onlinelibrary,» 25 07 2019. [En línea]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/isd2.12114>. [Último acceso: 19 10 2022].

[40] L. Belli, «Dialnet,» 2019. [En línea]. Available: <https://lucabelli.net/wp-content/uploads/2021/08/La-Emergencia-de-las-Redes-Comunitarias-y-del-Principio-de-Autodeterminacion.pdf>. [Último acceso: 10 09 2022].

[41] P. S. P. C. R. P. V. Vizarreta, «Dialnet,» 20 04 2021. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7946264>. [Último acceso: 09 2022].

[42] L. Sereno, «GENDERIT.ORG,» 07 01 2019. [En línea]. Available: <https://genderit.org/articles/observing-community-network-phillippines-through-gendered-lens>. [Último acceso: 22 09 2022].

[43] J. P. d. V. AguiLar, «Internet Society,» 03 05 2022. [En línea]. Available: <https://www.internetsociety.org/blog/2022/05/our-pledge-to-achieve-universal-connectivity/>. [Último acceso: 09 2022].

[44] N. Haq, «Internet Society,» 07 04 2022. [En línea]. Available: <https://www.internetsociety.org/blog/2022/04/connecting-the-uprooted-and-overlooked-in-nepal/>. [Último acceso: 28 09 2022].

[45] F. R. Rosa, «Taylor & Francis Online,» 13 07 2022. [En línea]. Available: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1369118X.2022.2085614>. [Último acceso: 28 09 2022].

[46] N. J. Bidwell, «ACM Digital Library,» 18 06 2020. [En línea]. Available: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3385010.3385014>. [Último acceso: 29 09 2022].

[47] S. E. Ana Laura Rivoir, «Informatio. Revista Del Instituto De Información De La Facultad De Información Y Comunicación,» 31 05 2021. [En línea]. Available: <https://informatio.fic.edu.uy/index.php/informatio/article/download/272/358?inline=1>. [Último acceso: 30 10 2022].

[48] M. L. K. M. D. H. T. Welser, «Research Gate,» 25 06 2019. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/profile/M-Laeq-Khan/publication/330636577_Digital_remediation_social_support_and_online_learning_communities_can_help_offset_rural_digital_inequality/links/5d8caa92299bf10cff0f03ad/Digital-remediation-social-support-and-online-learning_communities_can_help_offset_rural_digital_inequality.pdf. [Último acceso: 30 10 2022].

[49] I. B. S. B. Belur, «GenderIT.org,» 11 12 2021. [En línea]. Available: <https://genderit.org/articles/community-networks-infrastructure-resistance-re-centering-needs-women-and-communities..> [Último acceso: 18 10 2022].

[50] M. A. E. C. S. F. S.-J. B. R. A.-S. S. O. Ł. Tomczyk, «IEEEEXPLORE,» 19 07 2019. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8760821>. [Último acceso: 30 09 2022].

[51] S. F. T. F. M. F. F. B. P. H. A. Schram, «Australian Journal of Public Administration,» 26 03 2018. [En línea]. Available: https://regnet.anu.edu.au/sites/default/files/publications/attachments/2019-01/Schram_2018-Australian_Journal_of_Public_Administration.pdf. [Último acceso: 08 10 2022].

[52] F.M.Galvez, «Google Books,» 2018. [En línea]. Available: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=IRRSDwAAQB-AJ&oi=fnd&pg=PA55&dq=Telecentros+y+redes+comunitarias&ots=2Mag37D37T&sig=HHbSDGAB70R0-YhT9foWG-jT3eN0#v=onepage&q=Telecentros%20y%20redes%20comunitaria&s&f=false..> [Último acceso: 30 10 2022].

[53] C. G. J.HarrisBonitaSharm, «Science Direct,» 09 09 2020. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026427512031252X>. [Último acceso: 31 10 2022].

La evolución de los drones: una perspectiva histórica.

Freddy Martínez Bernal
freddymartinezbernal@cedoc.edu.co
Líder semillero de Investigación SIVRT-ES-

Alejandro Perdomo
alejandropardomomaldonado@cedoc.edu.co

Paula Sánchez
paulasanchezbeltran@cedoc.edu.co
Estudiante semillero SIVRT-ESCOM

RESUMEN: El trabajo de investigación “La Evolución de los Drones: Una Perspectiva Histórica”, ofrece un análisis detallado sobre la historia de los drones desde sus orígenes hasta la actualidad. El artículo describe cómo los drones han evolucionado desde su uso militar en la década de 1950 hasta su aplicación en diversos campos como la agricultura, la topografía, la entrega de paquetes, la filmación cinematográfica y la exploración espacial. También se detallan los avances tecnológicos que han impulsado el desarrollo de los drones, como la miniaturización de componentes, la mejora en la duración de las baterías y el uso de la inteligencia artificial. Finalmente, se discuten los desafíos y oportunidades futuras que presentan los drones, como la regulación de su empleo y la exploración de nuevos usos potenciales en la industria y la ciencia.

Palabras clave: aplicaciones, drones, evolución, historia, militar, regulación, tecnología.

ABSTRACT - The research paper “The Evolution of Drones: A Historical Perspective” offers a detailed analysis of the history of drones from its origins to the present. The article describes how drones have evolved from their military use in the 1950s to their application in various fields such as agriculture, surveying, package delivery, motion picture filming, and space exploration. The technological advances that have driven the development of drones are also detailed, such as the miniaturization of components, the improvement in battery life and the use of artificial intelligence. Finally, future challenges and opportunities presented by drones are discussed, such as the regulation of their use and the exploration of new potential uses in industry and science.

Keywords: drones, evolution, history, military, technology, applications, regulation.

I. INTRODUCCIÓN

Contexto:

Los drones, también conocidos como vehículos aéreos no tripulados (UAV, por sus siglas en inglés), tienen sus orígenes en la industria militar y fueron diseñados originalmente para misiones de reconocimiento y vigilancia. El primer uso militar de un dron se remonta a la década de 1950, cuando Estados Unidos desarrolló el “Ryan Firebee”, un avión no tripulado utilizado para vigilancia y reconocimiento fotográfico durante la Guerra Fría. Con el tiempo, los drones se han desarrollado para aplicaciones civiles en una amplia gama de campos, desde la agricultura hasta la entrega de paquetes, pasando por la topografía, la cinematografía y la exploración espacial. Esto ha sido posible gracias a los avances tecnológicos en miniaturización de componentes, mejora en la duración de las baterías y uso de inteligencia artificial.

Sin embargo, el aumento del uso de drones ha generado preocupaciones en cuanto a la regulación de su uso, especialmente en áreas como la privacidad y la seguridad. En respuesta, se han implementado regulaciones para controlar su uso y minimizar riesgos, como la necesidad de obtener permisos y licencias para volar drones en ciertas áreas y altitudes. En resumen, la historia de los drones es una evolución desde su origen militar hacia una amplia gama de aplicaciones civiles, impulsada por los avances en la tecnología, pero también acompañada por la necesidad de regular su uso en un contexto de creciente preocupación por la seguridad y la privacidad.

A. Planteamiento del problema

A medida que la tecnología de drones ha evolucionado y se ha vuelto más accesible, su uso ha aumentado en diversos campos, lo que ha planteado

preocupaciones sobre la seguridad y la privacidad. Además, la regulación de su uso sigue siendo un tema complejo, ya que la tecnología de drones es relativamente nueva y en constante evolución.

Por lo tanto, el planteamiento del problema sería: ¿Cómo regular el uso de drones de manera efectiva y equilibrada para garantizar la seguridad y la privacidad de las personas, al mismo tiempo que se promueve su aplicación en campos como la agricultura, la topografía, la cinematografía y la entrega de paquetes? Esta es una pregunta crítica que debe abordarse para lograr una regulación adecuada y garantizar que el uso de drones beneficie a la sociedad, sin poner en riesgo la seguridad y privacidad de las personas.

B. Antecedentes

El uso militar de drones se remonta a la década de 1950, cuando Estados Unidos desarrolló el "Ryan Firebee", un avión no tripulado utilizado para vigilancia y reconocimiento fotográfico durante la Guerra Fría [1]. La utilización de drones en aplicaciones civiles ha aumentado en los últimos años, especialmente en campos como la agricultura, la topografía, la cinematografía y la entrega de paquetes [2]. El aumento en el uso de drones ha generado preocupaciones en cuanto a la regulación de su uso, especialmente en áreas como la privacidad y la seguridad [3].

En algunos países, se han implementado regulaciones para controlar su uso y minimizar riesgos, como la necesidad de obtener permisos y licencias para volar drones en ciertas áreas y altitudes. Sin embargo, estas regulaciones varían de un país a otro y no siempre son efectivas en el momento de prevenir incidentes o garantizar la privacidad de las personas [4].

TABLA I.
LÍNEA DE TIEMPO EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DE LOS DRONES.

Año	Eventos
1849	Austria utiliza globos aerostáticos para lanzar bombas en una batalla contra Italia, marcando el primer uso de un sistema no tripulado en un conflicto militar.

1898	Nikola Tesla realiza una demostración de un "barco teledirigido", que se controlaba a través de ondas de radio, sentando las bases para el control remoto de vehículos.
1915	Los alemanes utilizan aviones no tripulados para lanzar bombas sobre París durante la Primera Guerra Mundial.
1935	La compañía británica de aviones de juguete Airfix crea el primer avión teledirigido comercial.
1944	Durante la Segunda Guerra Mundial, los Estados Unidos utilizan el sistema no tripulado "de Havilland Queen Bee" para entrenar a los soldados en la defensa antiaérea.
1959	Estados Unidos desarrolla el primer dron de vigilancia, el Lockheed D-21, para volar sobre territorio soviético y recopilar información de inteligencia.
1973	La compañía israelí Israel Aircraft Industries desarrolla el primer dron armado, el IAI Scout, utilizado en la Guerra del Yom Kippur.
1995	La Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos establece la primera regulación para el uso civil de drones.
2006	La compañía estadounidense AeroVironment desarrolla el primer dron pequeño y manejable, el Raven, utilizado por el ejército de los Estados Unidos en operaciones de reconocimiento.
2013	Amazon anuncia sus planes de utilizar drones para realizar entregas de paquetes.
2018	Los drones se utilizan cada vez más en una amplia gama de industrias, desde la agricultura y la minería hasta la fotografía y el cine, y se espera que su uso siga creciendo en el futuro.

Considerando lo anterior, es posible identificar la línea de tiempo titulada "La Evolución de los Drones: Una Perspectiva Histórica", en donde se muestran algunos de los eventos más significativos en la historia de los drones, desde el primer uso de un sistema no tripulado en un conflicto militar en 1849, hasta el uso actual de drones en diversas industrias. Esta línea de tiempo resalta la evolución tecnológica que ha permitido el desarrollo de drones más pequeños, manejables y capaces de llevar a cabo una variedad de tareas, desde la vigilancia militar hasta la entrega de paquetes comerciales. También muestra cómo el uso de drones ha sido regulado en algunos países y cómo se espera que su uso siga creciendo en el futuro. En general, esta línea de tiempo proporciona un contexto útil para comprender cómo los drones se han convertido en una tecnología cada vez más importante en nuestra sociedad actual.

II. MARCO TEÓRICO

Se pueden definir los drones como aeronaves no tripuladas que pueden ser controladas de manera remota o autónoma. Es importante diferenciar entre los diferentes tipos de drones,

como los que se utilizan en aplicaciones militares, los que se utilizan en operaciones de búsqueda y rescate, y los que se utilizan para fines comerciales o recreativos. Es importante tener en cuenta que los drones no se limitan solo a aeronaves de gran tamaño. De hecho, también pueden incluir dispositivos pequeños, como drones de mano o drones acuáticos. Además, los diferentes tipos de drones tienen diferentes usos y aplicaciones, lo que significa que es importante entender las diferencias entre ellos.

A. Tecnología y funcionamiento de los drones.

Los drones utilizan una variedad de tecnologías, como sistemas de control remoto, sistemas de navegación por GPS y cámaras de alta resolución. Es importante entender cómo funciona la tecnología de los drones para comprender sus capacidades y limitaciones.

Igualmente, es fundamental comprender el funcionamiento y la tecnología de los drones, ya que esto permite una mejor comprensión de su capacidad y limitaciones. Por ejemplo, entender cómo estos utilizan la tecnología GPS para la navegación y cómo los sistemas de control remoto permiten que sean controlados a distancia.

B. Uso y Aplicaciones de los drones.

Los drones tienen una amplia gama de usos y aplicaciones, desde la vigilancia y la recopilación de datos hasta la entrega de paquetes y el entretenimiento. Es importante explorar las diferentes formas en que se están utilizando los drones en diferentes industrias y cómo las están transformando.

Los drones tienen una amplia variedad de usos y aplicaciones, lo que los hace una herramienta muy versátil. Desde la fotografía aérea y la inspección de infraestructuras hasta la entrega de paquetes y la búsqueda y rescate, los drones están transformando muchas industrias.

C. Regulación y ética en el uso de drones.

Como los drones son relativamente nuevos en diversas industrias, las regulaciones y las normas

éticas están en constante evolución. Es importante considerar los aspectos legales y éticos del uso de drones, así como las implicaciones de la privacidad y la seguridad. La regulación y la ética son temas importantes en torno al uso de drones, especialmente en lo que respecta a la privacidad y la seguridad. Es importante que los usuarios de drones conozcan estas regulaciones y normas éticas, para garantizar un uso responsable y seguro de dicha tecnología.

D. Desafíos y oportunidades para el uso de drones.

El uso de drones presenta tanto desafíos como oportunidades para las empresas y la sociedad en general. Es importante analizarlos con el fin de comprender mejor su utilidad de manera efectiva y sostenible.

A pesar de los muchos beneficios que los drones pueden proporcionar, también presentan desafíos, como la gestión del tráfico aéreo y la seguridad de los datos. Por lo tanto, es importante tener en cuenta tanto los desafíos como las oportunidades que los drones presentan para poder utilizarlos de manera efectiva y sostenible.

III. TIPOS DE DRONES.

Los drones se clasifican en diferentes tipos según su diseño, tamaño, características y aplicación. A continuación, se presentan algunos de los tipos de drones más comunes:

A. Multirotores.

Son drones que tienen varios rotores, generalmente cuatro, que les permiten despegar y aterrizar verticalmente. Los multirotores son muy populares porque son fáciles de pilotar y pueden ser maniobrados en espacios reducidos. Se utilizan comúnmente para fotografía y filmación aérea, inspecciones de infraestructuras y mapeo.

Los drones multirotores son muy populares debido a su facilidad de uso y capacidad para maniobrar en espacios reducidos. Según el estudio de mercado de drones de 2021 de Research and Markets, se espera que el mercado global de drones

multirotores tenga un crecimiento compuesto anual del 21,1% durante el período 2021-2026 [5].

Los drones multirotores se utilizan comúnmente en la fotografía y filmación aérea, inspecciones de infraestructuras y mapeo. Según el informe de Grand View Research [6], se espera que las mencionadas industrias, sean uno de los principales impulsores del mercado de drones en los próximos años.

B. Alas fijas.

Son drones que tienen una estructura similar a la de un avión tradicional, con alas fijas y un motor. Los drones de alas fijas suelen ser más grandes y rápidos que los multirotores, lo que les permite cubrir grandes distancias. Se utilizan a menudo en la agricultura para la monitorización de cultivos y en la industria petrolera para inspecciones de tuberías.

Los drones de alas fijas son más robustos y rápidos que los multirotores, lo que les permite cubrir grandes distancias. Se utilizan comúnmente en la agricultura para la monitorización de cultivos y en la industria petrolera, para inspecciones de tuberías. Según un informe de Marketsand Markets, se espera que el mercado global de drones de alas fijas tenga un crecimiento compuesto anual del 11,9% durante el período 2020-2025 [7]. Además, se espera que el aumento en la demanda de drones de vigilancia y reconocimiento por parte de las fuerzas militares, impulse aún más el crecimiento del mercado de drones de alas fijas [8].

C. Híbridos.

Son drones que combinan características de los multirotores y de las alas fijas. Estos drones pueden despegar y aterrizar verticalmente, como los multirotores, pero también pueden volar largas distancias, como los drones de alas fijas. Se utilizan comúnmente en aplicaciones militares y de vigilancia.

Los drones híbridos combinan características de los multirotores y de las alas fijas, lo que les permite despegar y aterrizar verticalmente, como los

multirotores, pero también pueden volar largas distancias, como los drones de alas fijas.

Se utilizan comúnmente en aplicaciones militares y de vigilancia. Según un informe de Marketsand Markets [9], se espera que el mercado global de drones híbridos tenga un crecimiento compuesto anual del 12,8% durante el período 2021-2026.

D. Drones acuáticos.

Son drones que se utilizan en ambientes acuáticos, como ríos, lagos y océanos. Estos drones pueden tomar medidas de temperatura, profundidad y otros datos importantes; también se utilizan para la monitorización de la fauna marina y para búsqueda y rescate, en caso de emergencias.

Según el informe de Research and Markets, se espera que el mercado global de drones acuáticos tenga un crecimiento compuesto anual del 17,8% durante el período 2021-2026 [10].

E. Drones terrestres.

Son aquellos que se utilizan en superficies terrestres para la inspección y monitoreo de infraestructuras, así como para la agricultura y la topografía. Algunos drones terrestres también pueden ser usados en aplicaciones militares y de seguridad.

Cabe mencionar que existen otros tipos de drones que se emplean en aplicaciones más específicas, como los drones de carga pesada, que se disponen para el transporte de mercancías, y los drones de carreras, que se manipulan en competencias deportivas.

IV. COLOMBIA Y EL USO DE LOS DRONES

En Colombia, el uso de drones ha aumentado significativamente en los últimos años, tanto en el ámbito civil como en el militar. Los drones se usan para una variedad de fines, desde la agricultura y la topografía, hasta la vigilancia y la seguridad. Según la Aeronáutica Civil de Colombia, desde la implementación de la regulación de drones en el país en 2015, se han registrado más de 35.000 drones para uso civil.

Además, el gobierno colombiano ha utilizado drones en operaciones militares y de seguridad, particularmente en la lucha contra el narcotráfico y la vigilancia en las zonas de conflicto. Sin embargo, el uso de drones en Colombia también ha planteado desafíos en términos de seguridad y privacidad. En algunos casos, los drones han sido ocupados para actividades ilegales, como el contrabando de drogas y la vigilancia ilegal.

Por lo tanto, es importante que el uso de drones en Colombia se regule adecuadamente para garantizarlo de forma segura y legal. En este sentido, Colombia ha adoptado el uso de drones en diversas áreas, desde el ámbito comercial hasta el gubernamental y militar. Algunos de los usos de los drones en Colombia incluyen:

- **Vigilancia y monitoreo:** los drones se han utilizado en el país, para la vigilancia y el monitoreo de áreas específicas, como parques naturales, reservas indígenas y zonas urbanas.

- **Agricultura:** se han esgrimido en la agricultura para la supervisión de cultivos, la identificación de áreas que requieren riego o fertilización y la generación de mapas de cultivos.

- **Minería:** los drones, igualmente, se han empleado en la minería para la inspección de minas, la supervisión de la seguridad en estas y la generación de mapas de terrenos.

- **Entrega de paquetes:** Algunas empresas en Colombia están experimentando el uso de drones para la entrega de paquetes. En el ámbito gubernamental, la Policía Nacional de Colombia, ha utilizado drones en operaciones de vigilancia y seguimiento de criminales, mientras que las Fuerzas Armadas los han ocupado en operaciones militares para obtener información en tiempo real y para la identificación de objetivos.

En cuanto a la regulación de los mismos, Colombia cuenta con normatividad específica para el uso de drones, establecida por la Autoridad Aeronáutica Civil de Colombia (Aerocivil). Estas regulaciones establecen requisitos para la operación de drones, como la necesidad de obtener per

misos y autorizaciones, la altura máxima de vuelo, la distancia permitida entre el piloto y el dron, entre otros. En general, Colombia ha adoptado el uso de drones y ha establecido un marco jurídico para garantizar su uso seguro y responsable.

Colombia en la transformación digital en el marco de los drones: El país ha estado trabajando en la transformación digital desde muchos aspectos; es así que, el uso de drones es uno de los campos en donde se está realizando una gran inversión para el desarrollo de nuevas tecnologías y su aplicación en diferentes sectores.

En el campo de la dronótica, el gobierno colombiano ha estado trabajando en la creación de políticas y regulaciones para fomentar su uso garante y seguro. La Aeronáutica Civil de Colombia, en colaboración con diferentes entidades gubernamentales y empresas privadas, ha creado el Programa Nacional de Drones, el cual tiene como objetivo impulsar el desarrollo de la industria de los drones en Colombia y promover su uso en áreas como la agricultura, la minería y la seguridad. Además, se han realizado diferentes eventos y competencias relacionadas con drones en la nación, como el DronFest y el DroneUp Challenge, que buscan fomentar la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías en este campo.

En términos de educación, se están ofreciendo programas de capacitación y formación para pilotos de drones, así como para profesionales en diferentes sectores que desean incorporar el uso de drones en su trabajo. Colombia se está preparando para la transformación digital en el ámbito de los drones a través de la creación de políticas y regulaciones, el fomento de la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías, al igual que la capacitación de profesionales para su uso responsable y seguro [11].

Retos y desafíos en Colombia para el uso de drones a nivel militar y civil: Esta aplicabilidad de drones en los dos niveles, presenta retos y desafíos importantes para la nación colombiana. En cuanto al uso militar, uno de los principales desafíos es garantizar la seguridad nacional y la protección de la soberanía territorial. Los drones pueden ser utilizados para la vigilancia de fronteras y para la obtención de inteligencia militar, pero

también pueden ser una amenaza si son utilizados por grupos armados ilegales para cometer actos criminales.

En cuanto al uso civil, los retos y desafíos son diversos; uno de los principales desafíos, es la regulación del uso de drones para garantizar la seguridad de las personas y la protección de la privacidad. Además, es necesario garantizar que los drones sean utilizados de manera responsable y ética para evitar el riesgo de accidentes o incidentes. Otro desafío importante, es el desarrollo de nuevas tecnologías y el fomento de la innovación en este campo.

Para lograrlo, es necesario contar con un marco normativo adecuado que fomente la inversión y la investigación y desarrollo en esta área. Además, es importante considerar la capacitación y formación de los profesionales que utilizan drones, tanto a nivel militar como civil, para garantizar que cuenten con las habilidades y conocimientos necesarios que garanticen un empleo confiable y eficaz.

Los retos y desafíos de Colombia frente al uso de drones a nivel militar y civil, incluyen el salvaguardar la seguridad nacional y la protección de la soberanía territorial, la regulación del uso de drones para garantizar la seguridad de las personas y la protección de la privacidad, el fomento de la innovación, el desarrollo de nuevas tecnologías, además de la capacitación y formación de los profesionales que requieran drones para el cumplimiento de sus labores.

V. LAS CINCO FUERZAS DE PORTER.

La aplicación de las 5 fuerzas de Porter, es una herramienta útil para el análisis estratégico de una industria o mercado. Su objetivo es identificar los factores que influyen en la rentabilidad de una empresa y su posición competitiva en el mercado. Las cinco fuerzas son: la rivalidad entre competidores existentes, la amenaza de nuevos competidores, la presión de clientes y proveedores, al igual que la amenaza de productos sustitutos. Al analizar cada una de estas fuerzas, se pueden identificar las oportunidades y amenazas que enfrenta una empresa en su entorno competitivo

[12].

En el caso de la dronética en Colombia, aplicar las 5 fuerzas de Porter permitiría identificar los factores que afectan la rentabilidad y competitividad de las empresas que se dedican a esta industria en el país, en comparación con otras empresas de la región. Esto puede ayudar a las compañías a identificar oportunidades de mercado, fortalecer su posición y desarrollar estrategias para enfrentar las amenazas del entorno competitivo.

Las 5 fuerzas de Porter para el caso de Colombia y el uso de drones en comparación con otros países de Latinoamérica [13] se presenta a continuación:

- **Amenaza de nuevos competidores:** En Colombia, la industria de los drones está en constante crecimiento; se han encontrado empresas emergentes en el sector. Sin embargo, el mercado aún no está saturado y la barrera de entrada para nuevos competidores es relativamente alta en términos de costos y regulaciones. En comparación con otros países de Latinoamérica, Colombia se encuentra en una posición similar, aunque hay algunas naciones que presentan una mayor actividad en el sector, como Brasil y México.

- **Amenaza de productos o servicios sustitutos:** Los drones son una tecnología relativamente nueva y en constante evolución, lo que significa que aún no existen numerosos productos o servicios sustitutos que puedan reemplazar su uso. Sin embargo, se pueden identificar algunos sustitutos potenciales, como el uso de satélites o tecnologías terrestres, aunque estos no tienen las mismas capacidades y alcances que los drones. En comparación con otros países de Latinoamérica, Colombia se encuentra en una posición similar en cuanto a la amenaza de dichos productos o servicios que puedan suplirlos.

- **Poder de negociación de los proveedores:** Los proveedores de drones en Colombia en su mayoría, son empresas extranjeras. El mercado local aún no ha desarrollado una fuerte capacidad de producción propia; esto significa que los proveedores tienen un poder de negociación relativamente alto, aunque esto podría cambiar en

el futuro a medida que se desarrolle la industria local de drones. En comparación con otros países de Latinoamérica, Colombia se encuentra en una posición similar en cuanto al poder de negociación de los proveedores.

- **Poder de negociación de los compradores:** En Colombia, el uso de drones aún se encuentra en una etapa temprana, en donde la mayoría de los clientes son empresas o entidades gubernamentales que requieren servicios especializados. Esto significa que los compradores tienen un poder de negociación relativamente bajo, debido a la falta de opciones disponibles y la necesidad de servicios especializados. En comparación con otros países de Latinoamérica, Colombia se encuentra en una posición similar en cuanto al poder de negociación de los compradores.

- **Rivalidad entre competidores existentes:** En Colombia, existen algunas empresas establecidas en el sector de los drones que compiten por el mercado local. Aunque la competencia es relativamente baja en la actualidad, se espera que aumente a medida que se desarrollen más empresas en el sector. En comparación con otros países de Latinoamérica, Colombia se encuentra en una posición similar en cuanto a la rivalidad entre competidores existentes.

En síntesis, el mercado de los drones en Colombia presenta algunas oportunidades y desafíos, pero en general, se encuentra en una posición similar a otros países de Latinoamérica en cuanto a las 5 fuerzas de Porter. Sin embargo, se espera que la industria de los drones en Colombia continúe creciendo y evolucionando en el futuro cercano.

Oportunidades para Colombia con el uso de los drones a futuro: El uso de los drones en Colombia presenta diversas oportunidades a futuro en diferentes ámbitos, entre los cuales se pueden destacar, de acuerdo con la experiencia de los autores del presente estudio, los siguientes:

- **Seguridad:** los drones pueden ser utilizados para reforzar la seguridad ciudadana, vigilancia de fronteras, monitoreo de zonas de conflicto y control de actividades ilícitas como el narcotráfico.

co.

- **Agricultura:** los drones pueden ser usados para el monitoreo de plagas y enfermedades, la supervisión de cultivos, la aplicación precisa de insumos como fertilizantes y pesticidas, lo que puede mejorar la productividad y rentabilidad del sector agropecuario.

- **Entrega de paquetes:** el uso de drones para la entrega de paquetes, podría contribuir a la mejora de la eficiencia de las entregas, reducir costos logísticos y disminuir el tiempo de entrega en zonas de difícil acceso.

- **Medio ambiente:** los drones pueden ser empleados para monitorear la calidad del aire, ríos y mares; también, para la supervisión de la deforestación y la erosión del suelo; además, para el apoyo en la lucha contra incendios forestales.

- **Turismo:** los drones pueden ser utilizados para promover el turismo mediante la realización de tomas aéreas de los lugares turísticos del país.

En resumen, el uso de los drones en Colombia presenta oportunidades para mejorar la seguridad, productividad, eficiencia y sostenibilidad en diferentes sectores económicos, lo que puede contribuir al desarrollo del país.

VI. RECOMENDACIONES.

Desde el punto de vista de las regulaciones, es importante que se establezcan normativas y leyes claras para el uso de drones en Colombia, con el fin de garantizar la seguridad de los usuarios y la privacidad de los ciudadanos. La formación y capacitación se debe fomentar en los usuarios de drones, en cuanto a la operación segura, mantenimiento y normativas a seguir, así como el uso ético de los drones.

Con respecto a la gestión investigativa y desarrollo [1], estas se deben promover a partir de nuevas tecnologías y aplicaciones en los drones, con el propósito de mejorar su desempeño y contribuir con el desarrollo de nuevos sectores económicos. Por parte de la empresa pública y privada, es im-

portante fomentar la colaboración entre el sector público y privado para el desarrollo de proyectos y aplicaciones de los drones en diferentes sectores, lo que puede contribuir al desarrollo económico del país.

Incentivos fiscales: se deben implementar incentivos fiscales y tributarios para la adquisición de drones y su uso en diferentes sectores, lo que puede estimular su uso y desarrollo en el país. Es importante establecer una regulación clara, fomentar la formación y capacitación, promover la investigación y el desarrollo, impulsar la colaboración público-privada y establecer incentivos fiscales para el uso de drones en Colombia, lo que contribuirá al desarrollo económico y social del país.

VII. CONCLUSIONES

Los drones han revolucionado la manera en que se llevan a cabo diferentes actividades en todo el mundo, y Colombia no es la excepción. El ámbito de la dronística ofrece grandes oportunidades para diferentes sectores, como la agricultura, la construcción, la minería, la seguridad, la salud y el medio ambiente, entre otros.

La implementación de normativas claras y la capacitación adecuada de los usuarios, son esenciales para garantizar la seguridad y privacidad de los ciudadanos, al mismo tiempo que el correcto uso de los drones. Colombia tiene un gran potencial para su aprovechamiento; por tanto, es necesario fomentar la investigación, el desarrollo y la colaboración público-privada con el fin de aplicar al máximo las oportunidades que ofrecen los drones.

Por último, estos vehículos aéreos no tripulados, pueden ser una herramienta clave para el desarrollo económico y social de Colombia, siempre y cuando se manipulen de manera responsable y ética. Así mismo, su uso en el país representa un gran potencial para diferentes sectores; por consiguiente, es necesario establecer un marco regulatorio adecuado que fomente la capacitación y colaboración público-privada, en donde se aprovechen las oportunidades que ofrece este campo, con el objeto de impulsar el progreso tec-

nológico del país.

VIII. REFERENCIAS

- [1] J. L. Gómez, «Aviones no tripulados y drones: una revolución tecnológica en la historia militar,» *Revista de Historia Militar*, 2017.
- [2] N. P. D. Y. K. & W. M. D. Rana, «The Rise of the Drones: A Bibliometric Analysis of Drones in Research. *International Journal of Information Management*,» 2017.
- [3] S. K. S. S. & G. Alavipanah, «Investigating the relationship between perceived threats of drone technology and its adoption barriers in construction industry,» *International Journal of Civil Engineering*, , 2018.
- [4] L. & Y. M. Barros, «Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): A Review of the Current Regulatory Frameworks and Future Perspectives. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*,» 2019.
- [5] R. a. Markets, 2021.
- [6] G. V. Research, 2021.
- [7] MarketsandMarkets, MarketsandMarkets, 2020.
- [8] MarketsandMarkets, 2020.
- [9] MarketsandMarkets, 2021.
- [10] Research and Markets, 2021.
- [11] A. C. d. Colombia., «Programa Nacional de Drones,» 2021.
- [12] J. Caverro. "Las 5 fuerzas competitivas de porter". <https://mentorday.es/wikitips/las-5-fuerzas-competitivas-de-porter/>. 2020.
- [13] Lombana, C. J., Molina, R. A., Muñoz, V. A. & Muñoz, V. J. "La industria de la comunicación gráfica en Barranquilla, Colombia: análisis sectorial desde el enfoque de las cinco fuerzas competitivas". *Clío América*. 10 (19), 73 – 89. 2016. Recuperado de: <https://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/cliоamerica/article/view/1683/1171>