	RESUMEN ANALÍTICO DE INVESTIGACIÓN (RAI)		
	Código:	Fecha:	Versión No.

Fecha de elaboración: 09.04.2023 [del RAI]			
Tipo de documento	TID: X	Obra Creación:	Proyecto Investigación:
Título	Propuesta para la implementación de drones para el mejoramiento de las inspecciones técnicas de redes eléctricas de media tensión en la zona rural del sur de Cundinamarca.		
Autor(es)	Rosario Anaya Lagos, Abelardo Sierra, Raquel Cecilia Giraldo Angulo		
Tutor(es)	Juan Carlos Guzman		
Fecha de finalización	10.04.2023 [del proyecto de investigación]		
Temática			
Tipo de investigación			
Resumen			
<p>Realizar la inspección de las redes eléctricas de media tensión asociadas a la infraestructura eléctrica de operadores de red en Colombia mediante las inspecciones técnicas, es imprescindible para la identificación de las deficiencias y posibles fallas en las redes eléctricas de media tensión. Las distintas empresas contratistas del sector eléctrico que realizan las inspecciones técnicas a las redes eléctricas de media tensión en la zona rural de Cundinamarca, se ven en la necesidad de generar resultados de mejor calidad implementando tecnología que permita llegar a zonas donde el recurso humano le es imposible llegar lo que permitiría tener una inspección más completa y de mejor calidad.</p> <p>Es por lo que en el presente proyecto se conocerá la propuesta para la implementación de los Drones con el fin de mejorar las inspecciones a las redes eléctricas en sectores poco accesibles para las cuadrillas en la zona rural del sur de Cundinamarca</p>			
Palabras clave			
Redes eléctricas, Drone, Drones, inspecciones de redes eléctricas, cuadrillas, riesgos, empresas operadoras de red, contratistas, aeronáutica civil, CREG, RETIE.			
Planteamiento del problema			
Para el correcto y óptimo funcionamiento del sistema de transmisión y distribución de la energía eléctrica es fundamental la realización de inspecciones técnicas que permitan identificar el estado de la red y los posibles puntos donde se pueda			

presentar una falla en las líneas de transmisión y distribución de energía de media tensión aplicando así los principios básicos del sistema de mantenimiento (Predecir, prevenir y corregir), Lo que lleva a las empresas de distribución eléctrica a realizar las inspecciones de sus instalaciones eléctricas (Transformadores, estructuras tipo torre y tipo poste y vanos de media tensión). Para realizar la transmisión y distribución de la energía eléctrica a zonas rurales, se hace necesario la instalación de infraestructura acorde a las condiciones del terreno, lo cual implica instalación de vanos largos en terrenos irregulares, a desnivel e incluso inaccesibles, donde el riesgo locativo es alto (Alava & Alexander, 2022; Meza-Mora et al., 2021). Actualmente las inspecciones son realizadas de manera manual a través de grupos de recursos humanos llamados cuadrillas, los cuales realizan dicha inspección a nivel de suelo, lo que implica una inversión de tiempo y dinero alta para realizar este tipo de inspecciones dado las condiciones del terreno, además del alto riesgo al que están expuestos el personal a cargo de las inspecciones, además que la inspección visual no es muy eficiente dado que lo que puede observar el ojo humano no genera el nivel de detalle requerido para una inspección a detalle para determinar el estado de la red.

Es por esto que la propuesta para implementar el uso de drones en las inspecciones técnicas de las redes eléctricas de media tensión en la zona rural del sur Cundinamarca generarán no solo un impacto positivo en las inspecciones dado el nivel de detalle en la generación de registro fotográfico para validar el estado de las redes, si no también a nivel de seguridad evitando el desplazamiento de personal a zonas de alto riesgo a nivel geográfico además del ahorro en contratación de personal.

Pregunta

¿Cómo desarrollar la implementación de drones para mejorar las inspecciones eléctricas de media tensión en la zona rural del sur de Cundinamarca?

Objetivos

General:

Proponer la Implementación del uso de drones para la optimización y el mejoramiento de las inspecciones eléctricas de media tensión en la zona rural del sur de Cundinamarca.

Específicos:

- Documentar la información disponible sobre el uso de drones en los procesos de inspección eléctrica de media tensión.
- Analizar el costo beneficio de la implementación de drones en las inspecciones de los sistemas eléctricos de la zona rural del sur de Cundinamarca.
- Proponer una metodología efectiva para la implementación de drones en las inspecciones eléctricas considerando el nivel de eficiencia, la confiabilidad de los usuarios y la disminución de riesgos laborales.

Marco teórico

Resuma únicamente los principales referentes teóricos o artísticos que siguió su trabajo. Señale los números de las páginas de su documento en los que se encuentra la información completa.

En el área eléctrica, el uso de tecnología en drones aún no es aprovechado en su totalidad, Debido a esto, dentro de la industria energética puede llegar a ofrecer grandes posibilidades como el monitoreo y diagnóstico en las líneas de distribución al tiempo que permite abordar la mayoría de los problemas existentes de otros métodos de inspección, como el alto costo de inspección, la baja velocidad y la seguridad

Drones equipados con múltiples sensores y cámaras para navegar a lo largo de las líneas eléctricas pueden volar relativamente cerca de las líneas para tomar imágenes detalladas de conductores, torres y componentes de energía, para detectar fallas obvias y recopilar datos para inspecciones posteriores fuera de línea, lo que puede mejorar significativamente la precisión de la inspección(Nguyen et al., 2018).

En Ecuador se ha implementado el uso de drones para el diseño eficiente y optimizado de redes de distribución (Carpio Peñaherrera & Chitacapa

Guiracocha, 2022) resultando muy efectivo y viable a la hora de reducir el tiempo de trabajo y aumentar la eficiencia de la red diseñada y para el diagnóstico Visual-térmico en sistemas eléctricos de subtransmisión y distribución para efectuar mantenimientos (Alava & Alexander, 2022) mediante el uso de cámaras de alta calidad cuya imagen permite llegar a determinaciones sobre el estado de los componentes y la generación de imágenes termográficas para buscar las áreas problemáticas debido a contactos inadecuados o diferentes tipos de imperfecciones que deben examinarse.

En Colombia, Guatemala, Perú y Brasil se han implementado drones para la inspección de líneas e instalación de cables en los procesos de expansión con el objetivo de optimizar los procesos, elevar la calidad en la prestación del servicio, ser más eficientes y mucho más amigable con el medio ambiente (Transmisión, 2021). Por ejemplo, en Guatemala la extensión del tejido eléctrico por parte de la compañía TRECSA (Transportadora de energía de Centroamérica S.A) utilizó drones para el tendido de las líneas de transmisión de energía eléctrica en los bosques guatemaltecos, lo que disminuyó la necesidad de intervenir en ellos para el despeje de árboles y así facilitar el movimiento de personas y maquinaria. El objetivo fue la conservación y reducción de la afectación de la cobertura forestal en los trazos del proyecto.(TRECSA, 2021).

En Colombia, el uso de drones surgió a partir de la necesidad de inspeccionar una línea que se encontraba en un predio en Cundinamarca al que no se podía acceder. esta inspección era clave porque en caso de una falla, la línea podía salir de operación y perjudicar a la población. A partir de esto se han inspeccionado 79.000 metros de líneas de transmisión de 230 kilovoltios a partir del 2018 con la reducción de impactos en el ecosistema, reducción de riesgos de accidentes de los colaboradores y facilitando la consulta ágil de la información técnica y la optimización del tiempo. (Transmisión, 2021)

Proyectos como la Interconexión eléctrica La Reforma - San Fernando 230 kv (Transmisión, 2020a) y Activo Armenia (Transmisión, 2020b) utilizaron

drones para tender líneas de alta tensión en tramos del trazado que son topográficamente complicados.

Actualmente las investigaciones se centran en la automatización de las inspecciones usando drones debido a que las instalaciones de energía por lo general son a gran escala, lo que dificulta la línea de visión disponible para los pilotos de los drones.

Paginas 4,5,6,7,8,9,10,11

Método

Resuma únicamente los principales elementos metodológicos que empleó en su investigación. Señale los números de las páginas de su documento en los que se encuentra la información completa.

El enfoque que se le dará al proyecto en su metodología es un enfoque mixto, es decir este involucra datos cuantitativos y cualitativos basados en la adquisición de datos y conocimientos empíricos a través de repositorios de información asociada al proceso de uso de drones para inspecciones, la recolección de información de interesados a través de encuestas. Para el estudio y puesta en funcionamiento se requiere indicar la factibilidad del mercado, la necesidad en implementar este método de inspección tanto técnica como financieramente, y las características y cualidades de este.

Esto toma un enfoque descriptivo ya que permite y nos lleva a identificar características similares para estudiar un comportamiento homogéneo y establecer una caracterización.

Se emplean tres técnicas de recolección de la información: el repositorio de datos, encuestas y la revisión documental. El repositorio de datos de información se hace a través de la recolección de información en cuanto a las inspecciones basadas en la experiencia propia directamente relacionada con la actividad de la observación a través de las inspecciones realizadas durante 5 años (2018-2022) las redes eléctricas de media tensión en el sur de Cundinamarca, y encuestas al personal que está directamente relacionado con la actividad de inspección e interesados. La revisión documental consiste en la recolección, descripción, y

análisis de información relacionada con el proyecto y la actividad principal del mismo, lo que ayuda a dar una confiabilidad sobre el proyecto.

Página 15

Resultados, hallazgos u obra realizada

Presente el resumen de los principales resultados o hallazgos de su investigación o una sinopsis de la obra creada. Señale los números de las páginas de su documento en los que se encuentra la información completa.

- Se recomienda la implementación de tecnología de punta en las inspecciones de redes eléctricas de media tensión en zonas rurales del sur de Cundinamarca, para ayudar a minimizar el riesgo que sufre el personal debido a los terrenos de acceso, la vegetación espesa, fauna de las zonas y contacto con redes energizadas.
- Se recomienda la constante actualización del personal que realiza las actividades de inspecciones a redes eléctricas, con el fin de que estén familiarizados con la tecnología de punta y sus beneficios, porque son ellos los que de primera mano pueden corroborar la importancia del uso y sus beneficios.
- Se recomienda el uso de tecnología de punta como drones en las inspecciones de redes para que a través de estas inspecciones se puedan programar mantenimientos preventivos y predictivos de forma más asertiva y así poder garantizar el suministro de energía eléctrica a las zonas rurales.

Página 21

Conclusiones

Presente el resumen de las conclusiones a las que llegó. Señale los números de las páginas de su documento en los que se encuentra la información completa.

- Se detecta la gran importancia de la implementación de tecnologías en las inspecciones realizadas a las redes eléctricas en el sur de Cundinamarca, para garantizar seguridad del personal que realiza las inspecciones pedestres y eficiencia en el proceso.

- Se encuentra nicho de innovación en aplicaciones de drones en los procesos inspecciones realizadas a las redes eléctricas en el sur de Cundinamarca. Donde no solo los operadores de red pueden ser clientes potenciales, si no cualquier empresa que se dedique a las inspecciones de redes pueden tomar el servicio. Tales como contratistas
- En Colombia el uso de drones aun está en etapas primarias donde aún no se usa como una herramienta habitual para realizar las distintas actividades enfocadas en inspecciones no solo para manejo de información detallada del estado de las redes, si no como una herramienta que permite
- El poco uso de tecnología de punto tales como drones como herramienta de trabajo para realizar distintas tareas de inspecciones de redes eléctricas de media tensión en áreas rurales del sur Cundinamarca, en gran medida se debe a que no hay un planeamiento establecido para el crecimiento en la implementación de los drones o aeronaves no tripuladas en el país, aunque ya se han visto iniciativas en distinta áreas y actividades en todos los niveles del sector económico enfocados en el sector eléctrico el cual se ve muy beneficiado, puesto que reduce sus tiempos de mantenimiento, en inspecciones, costos innecesarios y gradualmente disminuyen los accidentes operativos por trabajos zonas en las que se tiene acceso difícil o no se tiene acceso debido a las condiciones del terreno.

Paginas 23 y 24

Productos derivados

Referencie los artículos, libros, capítulos de libro, ponencias, etc., que fueron resultado de su proceso investigativo.

Propuesta para la implementación de drones para el mejoramiento de las inspecciones técnicas de redes eléctricas de media tensión en la zona rural del sur de Cundinamarca.

Rosario Anaya Lagos

C.C. 60328065 de Cúcuta.

Abelardo sierra Murillo

.C.C 94500000 San Andrés Islas

Raquel Cecilia Giraldo Angulo

C.C1088236439 Pereira

Corporación universitaria UNITEC

Ingenierías-Posgrados

Especialización en Gerencia de Proyectos

Seminario de Investigación II

Bogotá, Distrito Capital

10 de abril de 2023

Propuesta para la implementación de drones para el mejoramiento de las inspecciones técnicas de redes eléctricas de media tensión en la zona rural del sur de Cundinamarca.

Rosario Anaya Lagos

C.C. 60328065 de Cúcuta.

Abelardo sierra Murillo

.C.C 94500000 San Andrés Islas

Raquel Cecilia Giraldo Angulo

C.C1088236439 Pereira

Juan Carlos Guzmán Gómez

Docente Curso De Seminario De Investigación II

Corporación universitaria UNITEC

Ingenierías-Posgrados

Especialización en Gerencia de Proyectos

Seminario de Investigación II

Bogotá, Distrito Capital

10 de abril de 2023

Dedicatoria:

La realización de este proyecto está dedicada a nuestros padres quienes nos han inyectado esas ganas de salir adelante y a nuestros hijos los que han sido nuestra inspiración e invitación a dejarles un legado, todos ellos nos impulsan seguir adelante. Considero que servirá de guía, para su preparación y consolidación de objetivos propuestos.

AGRADECIMIENTOS

Queremos aprovechar estas líneas para agradecer a todas las personas que nos han ayudado y nos han apoyado a lo largo de este grato paso por la Corporación Universitaria UNITEC. En primer lugar, agradecer el apoyo recibido por parte de toda nuestra familia, desde nuestros padres y hermanos hasta tíos y primos, pasando por abuelos. Nuestros padres, que siempre han estado apoyándonos, desde que empezáramos a estudiar esta bonita especialización como es la de Especialista en Gerencia de Proyectos, y que siempre me han sabido inyectar moral en nuestros peores momentos, no solo vividos a causa de los estudios sino como consecuencia de la vida, incluso cuando ellos no encontraban moral para ellos mismos. A nuestros hermanos, que por supuesto son los mejores del mundo. Queremos hacer una mención especial a la profesora Sandra Puerto y el profesor Juan Carlos Guzmán Gómez quienes nos han guiado y ayudado de despejar las dudas en determinado momento para alcanzar en cierto modo la perfección de nuestros entregables en materia de investigación. Por todo esto damos las gracias.

Tabla de Contenido

AGRADECIMIENTOS	
INTRODUCCIÓN	1
PALABRAS CLAVES	2
CAPITULO I PROBLEMA	2
1.1 Justificación	2
1.2 Determinación del problema	3
1.3 Formulación del problema.....	4
1.4 Objetivos de la investigación	4
1.4.4 General:.....	4
1.4.5 Específicos:	4
CAPITULO II MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE	4
2.1 Antecedentes	4
2.2 Aportes teóricos	6
2.2.1 Sistema eléctrico y transmisión de energía.....	6
2.2.2 Fallas en los sistemas eléctricos	8
2.2.3 Tareas de inspección en las líneas eléctricas:	8
2.2.4 Inspecciones eléctricas	9
2.3 Marco Conceptual	9
2.3.1 Inspección aérea:	9
2.3.2 Visita en campo:.....	10
2.3.3 Captura de imágenes:	10
2.3.4 Procesamiento de imágenes:	11
2.3.5 Análisis de la información, resultados e informe final:.....	11
CAPITULO III MARCO LEGAL	11
2.4 Marco Legal	11
CAPITULO IV MARCO METODOLOGICO	15
2.5 Marco Metodológico	15
2.6 Cronograma.....	20
2.7 Hallazgos y Recomendaciones:.....	21
2.8 Conclusiones.....	22
REFERENCIAS	24

INTRODUCCIÓN

Realizar la validación y supervisión de las redes eléctricas de media tensión asociadas a la infraestructura eléctrica de operadores de red en Colombia mediante las inspecciones técnicas, es imprescindible para la identificación de las deficiencias y posibles fallas en las redes eléctricas de media tensión. Las distintas empresas contratistas del sector eléctrico en Bogotá y Cundinamarca que realizan las inspecciones técnicas a las redes eléctricas de media tensión en la zona rural de Cundinamarca, se ven en la necesidad de generar resultados de mejor calidad implementando tecnología que permita llegar a zonas donde el recurso humano le es imposible llegar lo que permitiría tener una inspección más completa y de mejor calidad. Es por medio del uso de la tecnología de naves no tripuladas (Drones) equipadas con cámaras de alta tecnología y definición de imagen, que se puede obtener el registro fotográfico y de termografía para validar el estado de la infraestructura de las redes eléctricas de media tensión y con esto obtener información clave para la programación de los futuros mantenimientos.

Es por lo que en el presente proyecto se dará a conocer la propuesta para la implementación de los Drones con el fin de mejorar las inspecciones a las redes eléctricas en sectores poco accesibles para las cuadrillas en la zona rural del sur de Cundinamarca, dando una solución oportuna a las limitaciones que en la actualidad se presentan al momento de inspeccionar las redes y en la calidad de las mismas, mediante el planteamiento de la problemática, los objetivos de la investigación y la justificación.

PALABRAS CLAVES

Redes eléctricas, Drone, Drones, cámaras, inspecciones de redes eléctricas, cuadrillas, riesgos, empresas operadoras de red, contratistas.

CAPITULO I PROBLEMA

1.1 Justificación

En cumplimiento de los principios de eficiencia, calidad y neutralidad de la prestación de energía eléctrica para el correcto funcionamiento del sistema de distribución eléctrica establecidos en las leyes 142 y 143 de 1994 (Ley 142, 1994; Ley 143, 1994) es fundamental la aplicación de sistemas de inspección que permitan identificar los posibles inconvenientes que se presentan o pueden presentar las redes de distribución de energía de media tensión.

El mantenimiento en líneas eléctricas de transmisión es indispensable para brindar un servicio de calidad a la comunidad considerando principalmente que este debe ser de carácter preventivo con el objetivo de evitar la mayor cantidad de interrupciones o tiempos muertos y minimizar los costos de operación de las subestaciones involucradas manteniendo un nivel de confiabilidad en el sistema.

Actualmente el proceso de inspección presenta ciertas limitaciones ya que es un trabajo riesgoso. Por ello, el uso de Drones o naves no tripuladas permitirá disponer de la información necesaria para la toma de decisiones sin necesidad de realizar cortes de la electricidad y aportando en la prevención de riesgos laborales para la ejecución segura del trabajo de inspección. Mediante el uso de cámaras termográficas y lentes de zoom óptico la información es recopilada, sistematizada y georreferenciada por cada uno de los sistemas para ser analizada y así determinar los elementos que requieren mantenimiento o seguimiento debido a desgastes u otros fenómenos. Otras bondades del uso de estos dispositivos son que la enseñanza del procedimiento para implementarlos puede realizarse de manera eficaz y eficiente a un gran número de personas ya que es fácil tanto su aprendizaje como enseñanza y el tiempo de

ejecución de estos procedimientos serian menores pasando de días a horas en algunos casos. (Cossio et al., 2017).

1.2 Determinación del problema

Para el correcto y óptimo funcionamiento del sistema de transmisión y distribución de la energía eléctrica es fundamental la realización de inspecciones técnicas que permitan identificar el estado de la red y los posibles puntos donde se pueda presentar una falla en las líneas de transmisión y distribución de energía de media tensión aplicando así los principios básicos del sistema de mantenimiento (Predecir, prevenir y corregir), Lo que lleva a las empresas de distribución eléctrica a realizar las inspecciones de sus instalaciones eléctricas (Transformadores, estructuras tipo torre y tipo poste y vanos de media tensión). Para realizar la transmisión y distribución de la energía eléctrica a zonas rurales, se hace necesario la instalación de infraestructura acorde a las condiciones del terreno, lo cual implica instalación de vanos largos en terrenos irregulares, a desnivel e incluso inaccesibles, donde el riesgo locativo es alto (Alava & Alexander, 2022; Meza-Mora et al., 2021). Actualmente las inspecciones son realizadas de manera manual a través de grupos de recursos humanos llamados cuadrillas, los cuales realizan dicha inspección a nivel de suelo, lo que implica una inversión de tiempo y dinero alta para realizar este tipo de inspecciones dado las condiciones del terreno, además del alto riesgo al que están expuestos el personal a cargo de las inspecciones, además que la inspección visual no es muy eficiente dado que lo que puede observar el ojo humano no genera el nivel de detalle requerido para una inspección a detalle para determinar el estado de la red.

Es por esto que la propuesta para implementar el uso de drones en las inspecciones técnicas de las redes eléctricas de media tensión en la zona rural del sur Cundinamarca generarán no solo un impacto positivo en las inspecciones dado el nivel de detalle en la generación de registro fotográfico para validar el estado de las redes, si no también a nivel de seguridad evitando el desplazamiento de personal a zonas de alto riesgo a nivel geográfico además del ahorro en contratación de personal.

1.3 Formulación del problema

Basados en la descripción previa del problema se propone como interrogante para la investigación:

¿Cómo desarrollar la implementación de drones para mejorar las inspecciones eléctricas de media tensión en la zona rural del sur de Cundinamarca?

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.4 General:

Proponer la Implementación del uso de drones para la optimización y el mejoramiento de las inspecciones eléctricas de media tensión en la zona rural del sur de Cundinamarca.

1.4.5 Específicos:

- Documentar la información disponible sobre el uso de drones en los procesos de inspección eléctrica de media tensión.
- Analizar el costo beneficio de la implementación de drones en las inspecciones de los sistemas eléctricos de la zona rural del sur de Cundinamarca.
- Proponer una metodología efectiva para la implementación de drones en las inspecciones eléctricas considerando el nivel de eficiencia, la confiabilidad de los usuarios y la disminución de riesgos laborales.

CAPITULO II MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE

2.1 Antecedentes

Debido al enorme desarrollo de tecnología en drones, su aplicación se ha expandido a gran escala, desde el campo militar tradicional al campo civil. La aplicación militar representa alrededor del 90 por ciento del mercado de vehículos aéreos no tripulados; sin embargo, se proyecta que con crecientes intereses industriales y recreativos, se espera que el mercado global

de drones no militares aumente su participación al menos la mitad durante la próxima década (Lu et al., 2018).

En el área eléctrica, el uso de tecnología en drones aún no es aprovechado en su totalidad, sin embargo, las empresas de distribución de energía eléctrica alrededor del mundo están realizando un seguimiento de los equipos utilizados en su red de distribución, ya que esto mejorará la gestión y la calidad que se oferta. Debido a esto, el uso de drones dentro de la industria energética puede llegar a ofrecer grandes posibilidades como el monitoreo y diagnóstico en las líneas de distribución y líneas de transmisión al tiempo que permite abordar la mayoría de los problemas existentes de otros métodos de inspección, como el alto costo de inspección, la baja velocidad y la seguridad.(Carpio Peñaherrera & Chitacapa Guiracocha, 2022; Lu et al., 2018; Nguyen et al., 2018).

Drones equipados con múltiples sensores y cámaras para navegar a lo largo de las líneas eléctricas pueden volar relativamente cerca de las líneas para tomar imágenes detalladas de conductores, torres y componentes de energía, para detectar fallas obvias y recopilar datos para inspecciones posteriores fuera de línea, lo que puede mejorar significativamente la precisión de la inspección(Nguyen et al., 2018).

En Ecuador se ha implementado el uso de drones para el diseño eficiente y optimizado de redes de distribución (Carpio Peñaherrera & Chitacapa Guiracocha, 2022) resultando muy efectivo y viable a la hora de reducir el tiempo de trabajo y aumentar la eficiencia de la red diseñada y para el diagnóstico Visual-térmico en sistemas eléctricos de subtransmisión y distribución para efectuar mantenimientos (Alava & Alexander, 2022) mediante el uso de cámaras de alta calidad cuya imagen permite llegar a determinaciones sobre el estado de los componentes y la generación de imágenes termográficas para buscar las áreas problemáticas debido a contactos inadecuados o diferentes tipos de imperfecciones que deben examinarse.

En Colombia, Guatemala, Perú y Brasil se han implementado drones para la inspección de líneas e instalación de cables en los procesos de expansión con el objetivo de optimizar los procesos, elevar la calidad en la prestación del servicio, ser más eficientes y mucho más amigable con el medio ambiente (Transmisión, 2021). Por ejemplo, en Guatemala la extensión del tejido eléctrico por parte de la compañía TRECSA (Transportadora de energía de Centroamérica S.A) utilizó drones para el tendido de las líneas de transmisión de energía eléctrica en los bosques guatemaltecos, lo que disminuyó la necesidad de intervenir en ellos para

el despeje de árboles y así facilitar el movimiento de personas y maquinaria. El objetivo fue la conservación y reducción de la afectación de la cobertura forestal en los trazos del proyecto.(TRECSA, 2021).

En Colombia, el uso de drones surgió a partir de la necesidad de inspeccionar una línea que se encontraba en un predio en Cundinamarca al que no se podía acceder. esta inspección era clave porque en caso de una falla, la línea podía salir de operación y perjudicar a la población. A partir de esto se han inspeccionado 79.000 metros de líneas de transmisión de 230 kilovoltios a partir del 2018 con la reducción de impactos en el ecosistema, reducción de riesgos de accidentes de los colaboradores y facilitando la consulta ágil de la información técnica y la optimización del tiempo. (Transmisión, 2021)

Proyectos como la Interconexión eléctrica La Reforma - San Fernando 230 kv (Transmisión, 2020a) y Activo Armenia (Transmisión, 2020b) utilizaron drones para tender líneas de alta tensión en tramos del trazado que son topográficamente complicados.

Actualmente las investigaciones se centran en la automatización de las inspecciones usando drones debido a que las instalaciones de energía por lo general son a gran escala, lo que dificulta la línea de visión disponible para los pilotos de los drones. Considerando como factor crucial el resolver la interferencia ejercida por las torres de acero y los conductores de alimentación de corriente alterna energizadas que causan distorsión de la señal del GPS e interferencia magnética con el sensor geomagnético del dron(Park et al., 2020). Park et al 2020 diseñaron una guía para usar un dron con piloto automático para monitorear la transmisión de energía de una manera más fácil y organizada.

2.2 Aportes teóricos

2.2.1 Sistema eléctrico y transmisión de energía

La electricidad es una forma de energía relativamente fácil de generar en grandes cantidades y de transportar a distancias lejanas, de convertir en otras formas de energía, y consumir de forma limpia(Alava & Alexander, 2022).

Se conoce como sistema de suministro eléctrico al conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica. Una línea de transporte

de energía eléctrica o línea de alta tensión es el medio físico mediante el cual se realiza la transmisión de la energía eléctrica a grandes distancias. Está constituida tanto por el elemento conductor, como por sus elementos de soporte.

Existen dos tipos de líneas de transmisión eléctrica, aquellas que van desde el punto de generación hasta una línea de transmisión troncal y la troncal, que tiene la misión de acercar la energía generada en las centrales a los centros de consumo, ya sea domiciliarios o industriales. Las líneas de distribución tienen un rol a la hora de suministrar la energía eléctrica desde las subestaciones hasta los medidores de los clientes. Una subestación de distribución es un lugar donde se transforma la energía a niveles de uso, se compone de equipos de transformación, seccionamiento y protección. (Enel Colombia, 2022)

A su vez las redes de distribución pueden ser aéreas o subterráneas

- Las redes aéreas de distribución en baja tensión (BT) y media tensión (MT) son un conjunto compuesto por conductores, aisladores, estructuras y accesorios destinados al transporte de energía eléctrica a nivel de BT (208/120 V), MT (11,4 kV, 13,2 kV y 34,5 kV) instalados sobre postes en andenes de las vías públicas y cuyo aislamiento entre conductores normalmente es el aire.
- Las redes subterráneas de distribución son un conjunto compuesto por conductores aislados, barrajes, cajas de inspección, ducterías y accesorios destinados al transporte de energía eléctrica a nivel de BT (208/120 V), MT (11,4 kV, 13,2 kV y 34,5 kV) instalados bajo el nivel de los andenes y cuyo aislamiento de conductores depende del nivel de tensión de la red.

A lo largo de las líneas de transporte de energía eléctrica, siempre se deja una franja de terreno llamada Zona de Servidumbre que actúa como margen de seguridad para la construcción, operación y mantenimiento de las líneas, así como para tener una interrelación segura con el entorno. (Enel Codensa, s. f.)

2.2.2 Fallas en los sistemas eléctricos

Los sistemas eléctricos manejan dispositivos de protección contra sobrecorriente debido a que pueden experimentar ocasionalmente cortocircuitos que dan como resultados corrientes inusualmente altas. Estos picos de voltaje corresponden a anomalías externas al sistema eléctrico, sobrecarga, fluctuación de carga, rayos, contaminación, sabotaje o daños.

Los dispositivos de protección tienen como función aislar las fallas en el punto apropiado y de manera segura para minimizar el daño a los circuitos y equipos. La tasa de fallas de los sistemas de bajo voltaje es mayor que la de los sistemas de alto voltaje debido a la cantidad de elementos y equipos. (Alava & Alexander, 2022)

2.2.3 Tareas de inspección en las líneas eléctricas:

Mapeo e inspección de componentes de líneas eléctricas: Mapeo e inspección de componentes como conductores, torres y componentes de potencia. Algunas fallas comunes que pueden identificarse son postes rotos, crucetas rotas y top pads faltantes (Nguyen et al., 2018).

Monitoreo de invasión de vegetación: Detección y clasificación de la vegetación de la zona cercana a las líneas eléctricas, estimación de su altura y su distancia relativa a las líneas ya que la invasión de la vegetación suele ser una de las causas más frecuentes de descargas disruptivas, por lo que se requiere que la vegetación de los corredores de líneas eléctricas sea eliminada regularmente para evitar cortes y daños. (Nguyen et al., 2018).

Detección y medición de formación de hielo: En lugares que presentan tormentas de nieve, granizo y lluvia helada, se monitorea la acumulación de hielo (espesor) en las líneas eléctricas debido a que puede provocar daños que afecten el suministro de energía. (Nguyen et al., 2018).

Monitoreo de desastres: Los desastres naturales, como tormentas, huracanes y terremotos, pueden causar una gran cantidad de daños a las líneas eléctricas que podrían provocar cortes o incluso cerrar completamente las redes eléctricas. Las evaluaciones de daños para recuperar rápidamente las redes eléctricas después de los desastres naturales es el enfoque en el que menos se han centrado las investigaciones y uso de los drones. (Nguyen et al., 2018)

2.2.4 Inspecciones eléctricas

Chequeo manual: consiste en la revisión de las redes eléctricas por cuadrillas de dos o más personas dependiendo del terreno, forma de acceso y el nivel de seguridad de la zona

Chequeo mediante drones: estos dispositivos cuentan con cámaras con un alta definición y resolución, con sensores de toma de datos, sistemas de comunicación y posicionamiento satelital que le permite enviar datos. Los cuales se procesan fácilmente en software específicos.

2.3 Marco Conceptual

Se identifico la necesidad de mejorar el sistema de inspecciones a las redes eléctricas de media tensión en la zona rural del sur de Cundinamarca. Dado las condiciones no solo del terreno, el riesgo al que están expuestos el personal que realiza la verificación de las redes si no también de la calidad de la inspección. Por lo que se llega a emplear una forma de inspección a través de aeronaves no tripuladas o drones para mejorar el proceso de inspeccionar las redes eléctricas de media tensión en dicha zona.

Dada esta información se identifica una propuesta para la implementación de drones con el fin de mejorar de las inspecciones técnicas de redes eléctricas de media tensión en la zona rural del sur de Cundinamarca.

2.3.1 Inspección aérea:

En esta se encuentra basada la estructura de la propuesta para realizar las inspecciones a las redes eléctricas de media tensión, a partir del uso de aeronaves no tripuladas o drones los cuales están equipados con cámaras de alta calidad en toma de imágenes; con lo que se busca realizar de forma exitosa la inspección cumpliendo con los requerimientos y calidad de la información a entregar. En la inspección aérea se tiene los siguientes pasos:

- Visita en campo.
- Captura de imágenes.

- Procesamiento de imágenes.
- Análisis de la información, resultados e informe final.

2.3.2 Visita en campo:

Se realiza la visita a la zona donde se encuentra el tramo de red a verificar e inspeccionar, el ingeniero que es el encargado del pilotaje de la nave y su auxiliar técnico, realizan el desplazamiento al sitio indicado y proceden a realizar el análisis del terreno y como se piloteara la nave de acuerdo con los requerimientos y necesidades planteados en el plan de trabajo.

2.3.3 Captura de imágenes:

La captura de imágenes se hace a través de una nave no tripulada o dron el cual está equipado con una cámara con tecnología de punta y definición 4k en imágenes de alta resolución, con el objetivo de poder enfocar toda la arquitectura de la red tanto de estructuras como de conductores y poder detallara con calidad el estado de estas. El conjunto de elementos también cuenta con un sistema de comunicación y almacenamiento de imágenes y control remoto y de geoposicionamiento para realizar la trayectoria y desplazamiento de forma acertada. Con este equipo el ingeniero a cargo estará en la capacidad de realizar un análisis en tiempo real y tener una información preliminar del estado de las redes.

- **Aeronave no tripulada DRON:**

La sigla DRONE que en su traducción significa: (Zangano) Aeronave no tripulada, robot aéreo, entre otros, este nombre o termino se adaptó para el lenguaje español pero la traducción original es UAV lo cual significa Unmanned Aerial Vehicle o UAS lo cual significa Unmanned Aerial System.

De acuerdo al autor (Matamoros Ruíz, 2018), con base en el concepto emitido por la Organización de Aviación Civil Internacional: *“Los sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS) son un nuevo componente del sistema aeronáutico, estos sistemas se basan en novedades tecnológicas aeroespaciales de última generación, que ofrecen*

avances que pueden abrir nuevas y mejores aplicaciones comerciales o civiles así como mejoras de la seguridad operacional y eficiencia de toda la aviación civil”.

2.3.4 Procesamiento de imágenes:

Está constituido por el conjunto de herramientas con las cuales se realiza el procesamiento de la información obtenida a través del dron y la cámara, a través del software especializado.

2.3.5 Análisis de la información, resultados e informe final:

A partir de la información obtenida a través de la toma de imágenes y con la experiencia en redes del ingeniero a cargo se analizan los datos y se realiza el diagnóstico del estado de la red, tanto de la estructura como del conductor, de las anomalías que se encuentran en materiales y funcionamiento de la red. Con el fin de determinar si el estado es crítico. Las imágenes obtenidas se estructuran dentro de un informe el cual contiene el análisis técnico la orientación y localización geográfica y todas las variables atenuantes a la verificación, la cual se le entrega al cliente. La información al cliente se le entregaría en medio físico digital esto de acuerdo con lo pactado inicialmente entre las partes.

CAPITULO III MARCO LEGAL

2.4 Marco Legal

En la actualidad Colombia se rige por normas y leyes las cuales son aplicables al presente proyecto tales como:

La norma 04201 de la Aerocivil del 5 de febrero del 2019:

La Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (UAEAC) es la autoridad encargada de regular, certificar, vigilar y controlar el uso del espacio aéreo colombiano y la infraestructura dispuesta para ello. De igual forma, dicha entidad pública nacional también se ve en la necesidad de regular la operación de drones

comerciales, que podrían interferir con el desarrollo de sus propios prototipos para operaciones militares (Márquez Parra, 2020)

De acuerdo con el artículo 8° que trata sobre el Convenio sobre Aviación Civil Internacional, refiere que:

"Ninguna aeronave capaz de volar sin piloto volará sin él sobre el territorio de un Estado contratante, a menos que se cuente con permiso especial de tal Estado y de conformidad con los términos de dicho permiso (...) Todos los Estados contratantes se comprometen a velar porque el vuelo de aeronaves sin piloto en las regiones abiertas al vuelo de aeronaves civiles se regule de tal modo que se evite todo peligro a las aeronaves civiles"

La norma 04201 que tiene vigencia a partir del 5 de febrero del año 2019 especifica los requisitos generales y operativos para la operación de aeronaves no tripuladas pilotadas a distancia en actividades no referentes a la recreación y deporte.

Dentro de estas, las operaciones UAS están clasificadas de la siguiente forma:

Clase A (abierta): “Esta clasificación no requiere autorización de la UAEAC porque su operación representa un mínimo riesgo, las aeronaves no tripuladas deben contar con un peso máximo al despegar superior entre 250 gr y 25 kg.

Esta opera bajo ciertas condiciones tales como que se prohíbe su uso sobre multitudes, edificios o áreas pobladas; solamente pueden operar de día; a no más de 120 metros de altura y en un radio que no puede exceder los 500 metros

alrededor; están prohibidos los vuelos a más de 9 km de aeropuertos y 2 km de la Presidencia, bases militares o de policía u otros entes estatales; no se podrá realizar actividades de aspersión ni operaciones de transporte de ningún tipo de objeto; todo propietario de UAS deberá estar inscrito en la base de datos.” (AERONAUTICA CIVIL COLOMBIANA, 2019)

Clase B (regulada): “Las personas encargadas de pilotar las aeronaves no tripuladas dentro de esta clasificación deben contar con la autorización de la UAEAC y realizar el curso teórico/práctico certificado por un centro e instrucción aeronáutica u otras instituciones acreditadas por la UAEAC, aun cuando su operación podría

implicar un riesgo bajo; las aeronaves no tripuladas deben contar con peso máximo de despegue superior a 25 kg y de hasta 150 kg.

Los operadores podrían realizar operaciones al interior de zonas prohibidas o restringidas de entrenamiento aéreo siempre y cuando cuenten con autorización previa; de la misma forma, su operación horizontal se expande a 750 metros; las operaciones aéreas que impliquen trabajos aéreos especiales diferentes a una simple captura de imagen requerirá de un permiso especial; no se podría realizar operaciones dentro de un radio de 2 km alrededor de lugares donde se encuentre el Presidente de la República o Jefes de Estado y 1 km alrededor de perímetros de base militares o de policía; todo propietario de UAS deberá estar inscrito en la base de datos.” (AERONAUTICA CIVIL COLOMBIANA, 2019)

Clase C (Certificada-RPAS): “Corresponde a las operaciones de vuelo de aeronaves no tripuladas con un peso máximo de despegue superior a los 150 kg, sobrevuelos internacionales y aquellos que presten servicio de transporte, razón por la cual no se autoriza su operación en espacio aéreo colombiano por el momento.” (AERONAUTICA CIVIL COLOMBIANA, 2019)

“De acuerdo con las prescripciones del Código Nacional de Policía y Convivencia, especialmente las descritas en el numeral 10 del artículo 146 y el artículo 149, las autoridades competentes para el cumplimiento efectivo de la función y actividad de policía podrán suspender o impedir toda actividad con UAS e incautar el dispositivo involucrado, cuando con ellos se estén infringiendo normas legales, las disposiciones de este Apéndice o de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia, así como cuando su operación represente una inminente amenaza a la seguridad, la convivencia y seguridad ciudadanas, para efectos de lo cual la UAEAC podrá coordinar con ellas las medidas pertinentes relacionadas con la custodia de tales UAS y aquellas que permitan mantener un adecuado control acerca de las operaciones con estos aparatos, cualquiera que sea su clase.

Para efectos del párrafo anterior, las autoridades de control y/o de policía podrán

interceptar e inutilizar los UAS mediante el uso de contramedidas electrónicas u otros mecanismos que considere útiles para este propósito.” (AERONAUTICA CIVIL COLOMBIANA, 2019)

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE:

De acuerdo con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE: “Se establecen los requisitos que garanticen los objetivos legítimos de protección contra los riesgos de origen eléctrico, para esto se han recopilado los preceptos esenciales que definen el ámbito de aplicación y las características básicas de las instalaciones eléctricas y algunos requisitos que pueden incidir en las relaciones entre las personas que interactúan con las instalaciones eléctricas o el servicio y los usuarios de la electricidad”. (RETIE, 2013)

Norma técnica Colombiana, código eléctrico NTC 2050:

De acuerdo con lo dispuesto en la NTC 2050: “Provisión y suficiencia. Este código contiene disposiciones que se consideran necesarias para la seguridad. El cumplimiento de estas y el mantenimiento adecuado darán lugar a una instalación prácticamente libre de riesgos, pero no necesariamente eficiente, conveniente o adecuada para el buen servicio o para ampliaciones futuras en el uso de la electricidad. Nota. Dentro de los riesgos, se pueden resaltar los causados por sobrecarga en instalaciones eléctricas, debido a que no se utilizan de acuerdo con las disposiciones de este código. Esto sucede porque la instalación inicial no prevé los posibles aumentos del consumo de electricidad. Una instalación inicial adecuada y una previsión razonable de cambios en el sistema, permitirá futuros aumentos del consumo eléctrico”. (Norma técnica Colombiana, 2020)

Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG:

De acuerdo con lo estipulado por la CREG: “Definir en qué eventos es necesario que la realización de obras, instalación y operación de equipos de las empresas de servicios públicos se someta a normas técnicas oficiales, para promover la competencia o evitar perjuicios a terceros, y pedirle al ministerio respectivo que las elabore, cuando encuentre que son necesarias.

Establecer pautas para el diseño, normalización y uso eficiente de equipos y aparatos eléctricos.” (Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG, 2013)

Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG:

De acuerdo con lo estipulado por la CREG en su circular 037 y concepto 2790 de 2018: “SAIFI: System Average Interruption Frequency Index, ó Frecuencia Media de Interrupción por usuario en un periodo determinado. SAIDI: System Average Interruption Duration Index, ó Tiempo Total Promedio de Interrupción por usuario en un periodo determinado”. (COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS - CREG, 2018).

CAPITULO IV MARCO METODOLOGICO

2.5 Marco Metodológico

Enfoque y metodología:

El enfoque que se le dará al proyecto en su metodología es un enfoque mixto, es decir este involucra datos cuantitativos y cualitativos basados en la adquisición de datos y conocimientos empíricos a través de repositorios de información asociada al proceso de uso de drones para inspecciones, la recolección de información de interesados a través de encuestas. Para el estudio y puesta en funcionamiento se requiere indicar la factibilidad del mercado, la necesidad en implementar este método de inspección tanto técnica como financieramente, y las características y cualidades de este.

Esto toma un enfoque descriptivo ya que permite y nos lleva a identificar características similares para estudiar un comportamiento homogéneo y establecer una caracterización.

“Busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población” (Hernández et al., 2010, p. 80).

Población de interés:

La población de interés son aquellos actores que de una u otra forma están directamente relacionados o involucrados de forma transversal en la validación de las redes eléctricas y que son beneficiarios del servicio de energía eléctrica, además de los profesionales adscritos a procesos de generación, transmisión y distribución de redes eléctricas con nicho de trabajo en el sur de la zona rural de Cundinamarca.

INTERESADOS	RELACIÓN	ANALISIS
Empresas operadoras de red y de energía eléctrica	directa	Este grupo pertenece al sector encargado de prestar el y el cual genera un interés y beneficio directo al hacer uso de las inspecciones y mejoramiento de las mismas a través de la tecnología de aeronaves no tripuladas.
Empresas contratistas	directa	Son los encargados de prestar el servicio a los operadores de red y son los encargados en hacer las inspecciones. también son empresas que pueden acceder a este servicio para mejorar las inspecciones de redes particulares no asociadas directamente con las empresas operadoras de red. Estos son los que van a capitalizar el servicio.
Ingenieros y técnicos	directa	Son los encargados de prestar el servicio profesional y técnico, estos son aquellas personas con estudios de mantenimiento, aeronáutica y electricidad que cuenten con matrícula profesional vigente
población del sur de Cundinamarca en sus áreas rurales	indirecta	Son las personas que se sirven del proceso de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica. Y son los afectados en caso de presentarse algún inconveniente, en las fallas del servicio.
Organismos reguladores directamente relacionado con el proceso	paralela	Son los encargados de vigilar y regular la prestación del servicio

Tabla 1. Clasificación de interesados (creación propia)

Técnicas e instrumentos de recolección:

Se emplean tres técnicas de recolección de la información: el repositorio de datos, encuestas y la revisión documental. El repositorio de datos de información se hace a través de la recolección de información en cuanto a las inspecciones basadas en la experiencia propia directamente relacionada con la actividad de la observación a través de las inspecciones realizadas durante 5 años (2018-2022) las redes eléctricas de media tensión en el sur de Cundinamarca, y encuestas al personal que está directamente relacionado con la actividad de inspección e interesados. La revisión documental consiste en la recolección, descripción, y análisis de información relacionada con el proyecto y la actividad principal del mismo, lo que ayuda a dar una confiabilidad sobre el proyecto.

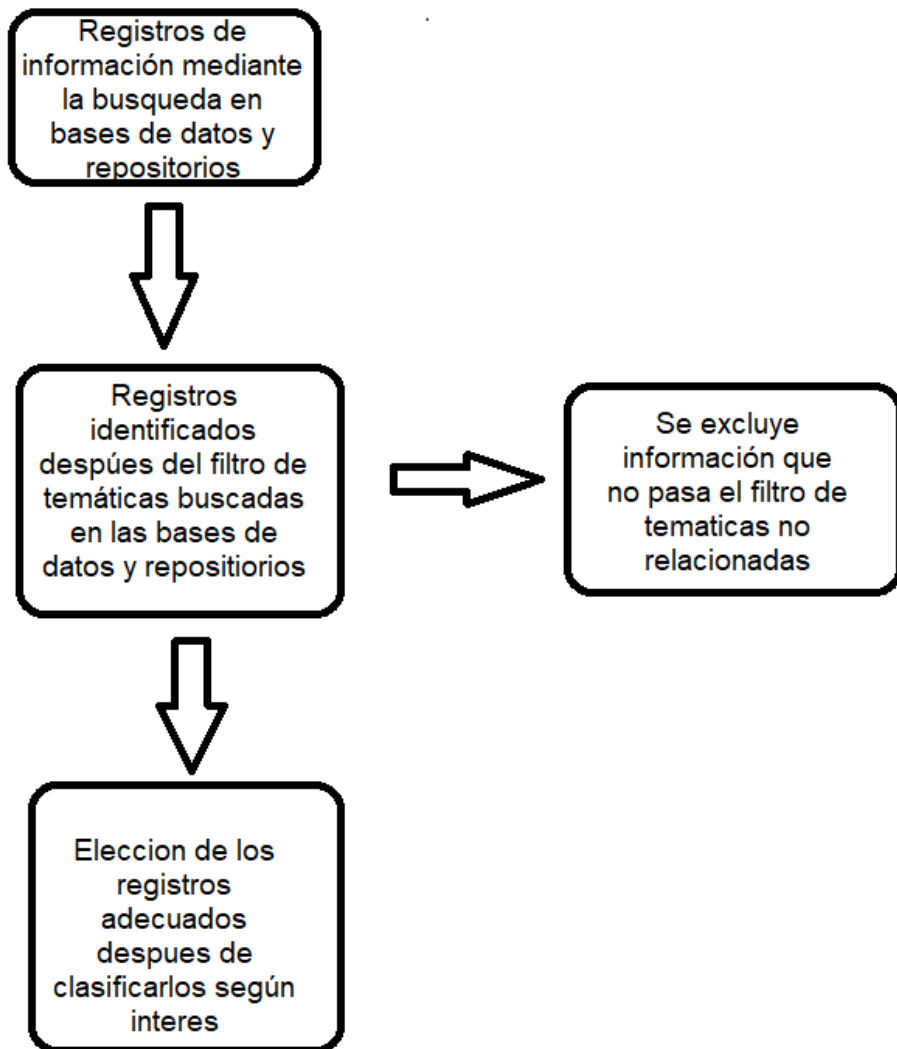
Técnica de análisis de datos:

Se realizaron las encuestas a parte de los interesados, los cuales estuvieron de acuerdo con la misma, y los cuales hacen parte del sector en ingeniería eléctrica, esta información primaria permite hacer un análisis y dimensionamiento del impacto que tendría el uso de los drones para mejorar las inspecciones de las redes eléctricas y así poder genera alerta del estado de estas.

Pregunta	Resultado población encuestada
considera que las inspecciones en Redes Eléctricas de media tensión (postes, conductores, errares y redes) tiene riesgos para el personal especializado de las cuadrillas que realiza la tarea?	Si 100% de los encuestados No 0% de la población encuestada.
Cuál es el tipo de riesgo considera que es el más frecuente al que se expone el personal especializado de las cuadrillas en rutinas de inspecciones en Redes Eléctricas de media tensión (postes, conductores, errares y redes)	Riesgos de caída por el suelo 55% de los encuestados Riesgos Eléctricos 30% de los encuestados Picaduras de insectos u otros animales 15% de los encuestados
Considera que la implementación de nuevas tecnologías permitirá realizar las tareas de inspecciones en Redes Eléctricas de media tensión (postes, conductores, errares y redes) menor riesgo.	Si 90% de los encuestados No 10% de los encuestados.
¿Cree que el uso de tecnologías ayudará a mejorar la calidad de las inspecciones en Redes Eléctricas de media tensión (postes, conductores, errares y redes) ?	Si 100% de los encuestados No 0% de los encuestados.

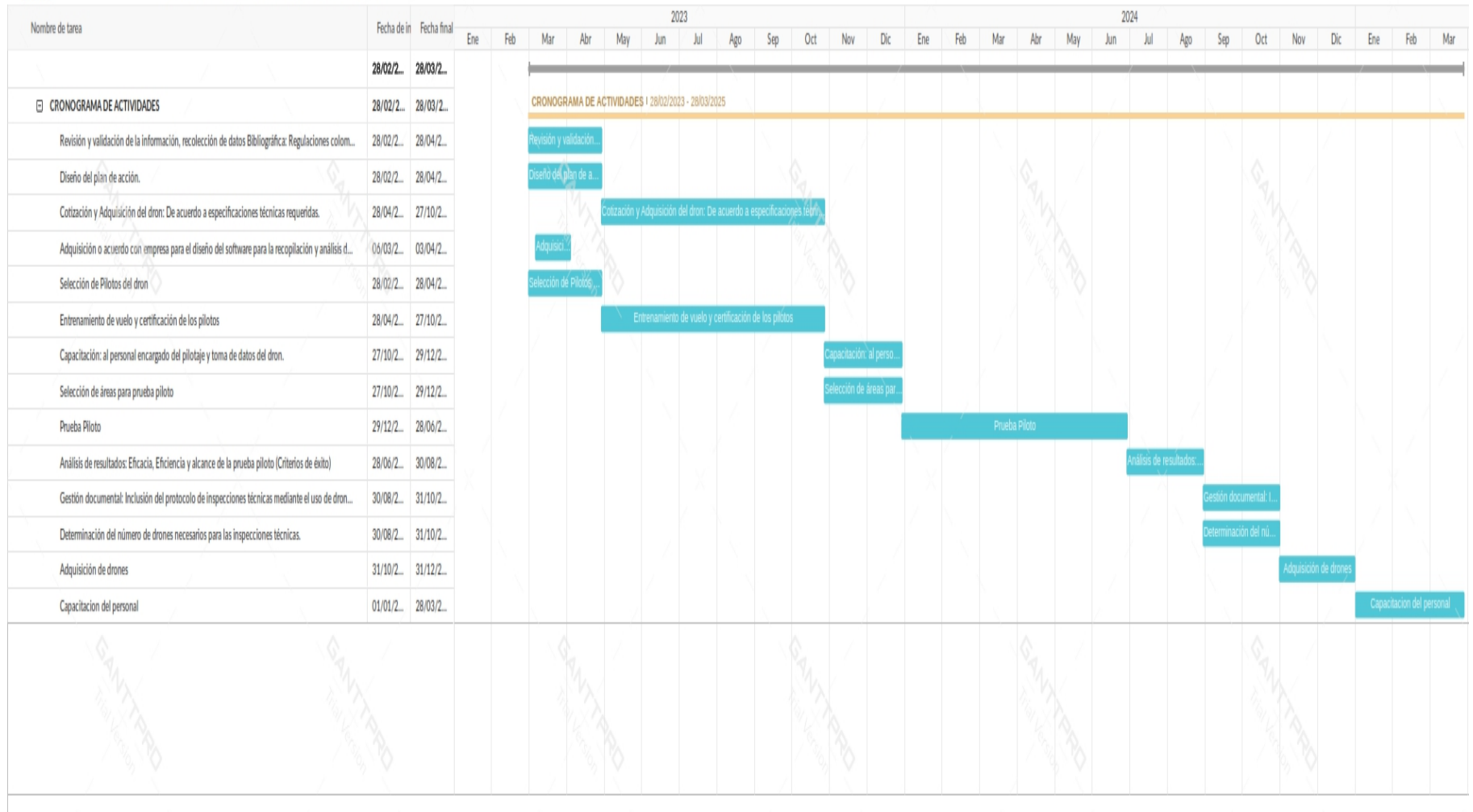
¿Conoce usted que es una aeronave no tripulada o DRON y cuáles son sus usos?	Si 80% de los encuestados. No 20% de los encuestados.
Qué tipo de requerimientos conoce para hacer uso de drones en las rutinas de inspecciones en Redes Eléctricas de media tensión (postes, conductores, errares y redes).	certificación de la aeronáutica 65% de los encuestados Piloto certificado 100% de los encuestados Solo comprar el DRON 25% de los encuestados
Que equipamiento considera usted que debería tener un dron para que se pudiera implementar en las tareas de inspecciones en Redes Eléctricas de media tensión (postes, conductores, errares y redes).	Sensores y equipamiento 60% Cámaras de video especializadas y de alta resolución 100% de los encuestados baterías de alta duración 100% de los encuestados.
Que autonomía de vuelo mínima sería ideal para las tareas de inspecciones en Redes Eléctricas de media tensión (postes, conductores, errares y redes).	Menos de 1 hora 5% de los encuestados Entre 1 hora y 2 horas 15% de los encuestados Mas de 2 horas 80% de los encuestados
Considera usted que, a través del uso de drones, se pueden identificar el estado y los potenciales puntos de falla en la red (Cables descolgados, Herrajes sueltos, Activos o pasivos sulfatados, estado de pines o aisladores, estado de conductores, estado de crucetearía y estructuras metálicas) de manera oportuna y precisa.	Si 100% de los encuestados No 0% de los encuestados.
Cuál es el promedio de distancia que el personal especializado de las cuadrillas en inspeccionar en un día de trabajo.	Depende de las condiciones del terreno y la dimensión del proyecto y redes a inspeccionar el 100% de los encuestados.

Se hace selección de información encontrada en repositorios de la siguiente forma:



2.6 Cronograma

Proyecto Implementación de Drones | Propuesta para la implementación de drones para el mejoramiento de las inspecciones técnicas de redes eléctricas de media tensión en la zona rural del sur de Cundinamarca



Programación detallada del proyecto: Con el objeto de no invertir recursos innecesarios, se estableció la construcción de un programa detallado con la participación de los líderes de grupo asignados.

Prototipo de aeronave y software- cotizaciones: Se establecerán las especificaciones técnicas y requisitos de funcionalidad para el dron y el software que cumplan con las normativas descritas por la aeronáutica civil para su uso en Colombia. Se solicitarán cotizaciones a empresas para la adquisición de la aeronave, software de control y software de recopilación y análisis de información de acuerdo a las características previamente fijadas.

Prueba Piloto: Se definió la realización de una prueba piloto por seis meses, con la cual se pretende definir la metodología de las inspecciones técnicas del sistema de transmisión de media tensión en la zona rural del sur de Cundinamarca.

Análisis de la eficacia, eficiencia y alcance de inspección: A partir de los resultados obtenidos con la prueba piloto se establecerá la eficacia, eficiencia y el alcance del uso de drones para las inspecciones técnicas en el sur de Cundinamarca considerando especialmente la inspección de la infraestructura ubicada en terrenos irregulares, a desnivel e incluso inaccesibles, donde el riesgo locativo es alto.

Procedimientos: Se establecerán los procedimientos de contratación, programación y ejecución de vuelos, procesamiento de información y el procedimiento de Inspección técnica del sistema de transmisión mediante el uso de drones. Una vez aprobados estos entregables por el director de proyecto, serán sometidos a consideración de la gerencia de la organización para autorizar su implementación.

2.7 Hallazgos y Recomendaciones:

- Se hace necesario incorporar las nuevas tecnologías de punta en las inspecciones para facilitar la recolección de información no solo para evaluar el estado de la red sino también para poder hacer un mantenimiento preventivo y garantizar con esto el buen estado de la red en tiempos prolongados.
- Se recomienda la implementación de tecnología de punta en las inspecciones de redes eléctricas de media tensión en zonas rurales del sur de Cundinamarca, para ayudar a

minimizar el riesgo que sufre el personal debido a los terrenos de acceso, la vegetación espesa, fauna de la zonas y contacto con redes energizadas.

- Se recomienda la constante actualización del personal que realiza las actividades de inspecciones a redes eléctricas, con el fin de que estén familiarizados con la tecnología de punta y sus beneficios, porque son ellos los que de primera mano pueden corroborar la importancia del uso y sus beneficios.
- Se recomienda el uso de tecnología de punta como drones en las inspecciones de redes para que a través de estas inspecciones se puedan programar mantenimientos preventivos y predictivos de forma más asertiva y así poder garantizar el suministro de energía eléctrica a las zonas rurales.

2.8 Conclusiones

- Se detecta la gran importancia de la implementación de tecnologías en las inspecciones realizadas a las redes eléctricas en el sur de Cundinamarca, para garantizar seguridad del personal que realiza las inspecciones pedestres y eficiencia en el proceso.
- Se encuentra nicho de innovación en aplicaciones de drones en los procesos inspecciones realizadas a las redes eléctricas en el sur de Cundinamarca. Donde no solo los operadores de red pueden ser clientes potenciales, si no cualquier empresa que se dedique a las inspecciones de redes pueden tomar el servicio. Tales como contratistas
- En Colombia el uso de drones aun esta en etapas primarias donde aun no se usa como una herramienta habitual para realizar las distintas actividades enfocadas en inspecciones no solo para manejo de información detallada del estado de las redes, si no como una herramienta que permite
- El poco uso de los drones como herramienta de trabajo para realizar distintas tareas de las inspecciones y predicciones de estados de las redes en el sector eléctrico en gran medida se debe a que no hay un plan estratégico para el crecimiento del sector de los drones en el país, aunque ya se han visto iniciativas en distinta áreas de la economía para su uso, el sector eléctrico se ve muy beneficiado, puesto que reduce sus tiempos de mantenimiento, costos innecesarios y gradualmente disminuyen los accidentes operativos por trabajos en alturas.

- El poco uso de los drones como herramienta de trabajo para realizar distintas tareas de inspecciones de redes en el sector en las áreas rurales en gran medida se debe a que no hay un plan establecido para el crecimiento en la implementación de los drones o aeronaves no tripuladas en el país, aunque ya se han visto iniciativas en distintas áreas y actividades en todos los niveles del sector económico enfocados en el sector eléctrico el cual se ve muy beneficiado, puesto que reduce sus tiempos de mantenimiento, en inspecciones, costos innecesarios y gradualmente disminuyen los accidentes operativos por trabajos zonas en las que se tiene acceso difícil o no se tiene acceso debido a las condiciones del terreno.

REFERENCIAS

- Alava, V., & Alexander, J. (2022). Diagnóstico Visual-térmico en sistemas eléctricos de subtransmisión y distribución con el uso de drones para efectuar mantenimientos. Universidad Politécnica Salesiana.
- Carpio Peñaherrera, J. N., & Chitacapa Guiracocha, Andres Marcelo. (2022). Diseño de redes de distribución mediante el uso de imágenes georreferenciadas y generación automática de documentación. Universidad Politécnica Salesiana.
- Ley 142 de 1994 por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones., Pub. L. No. 142, Diario Oficial No. 41.433 (1994).
- Ley 143 de 1994 por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética., Pub. L. No. 143, Diario Oficial No. 41.434 (1994).
- Cossio, R. E. S., Correa, I. A. A., & Pamplona, J. C. C. (2017). MODELO METODOLÓGICO PARA REALIZAR MANTENIMIENTOS PREDICTIVO Y PREVENTIVO POR MEDIO DE DRONES EN EL SISTEMA DE TRANSMISIÓN REGIONAL EN EL MUNICIPIO DE GUATAPÉ. CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS.
- Enel Codensa. (s. f.). Riesgo Electrico (p. 24) [Cartilla].
<https://www.enel.com.co/content/dam/enel-co/espa%C3%B1ol/historias/2020/marzo/seguridad-electrica/Cartilla-de-riesgos-electricos-de-Enel-Codensa.pdf>

Enel Colombia. (2022, octubre). Líneas de distribución y transmisión.

<https://enel.com.co/content/enel-co/es/megamenu/empresas/enel-distribucion/gestion-energia-distribucion/obras-y-proyectos/lineas-distribucion-transmision.html>

Lu, M., Bagheri, M., James, A. P., & Phung, T. (2018). Wireless Charging Techniques for UAVs: A Review, Reconceptualization, and Extension. *IEEE Access*, 6, 29865-29884.

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2841376>

Meza-Mora, J. A., Gómez -Astua, Adolfo, & Prado-Mora, Alejandro. (2021). Inspección inteligente de líneas de alta tensión con drones. *Tecnología en marcha*, 34, 62-69.

Nguyen, V. N., Jenssen, R., & Roverso, D. (2018). Automatic autonomous vision-based power line inspection: A review of current status and the potential role of deep learning.

International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 99, 107-120.

<https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2017.12.016>

Park, J., Kim, S., Lee, J., Ham, J., & Oh, K. (2020). Method of operating a GIS- based autopilot drone to inspect ultrahigh voltage power lines and its field tests. *Journal of Field Robotics*, 37(3), 345-361. <https://doi.org/10.1002/rob.21916>

Robotics, 37(3), 345-361. <https://doi.org/10.1002/rob.21916>

Transmisión. (2020a). Interconexión eléctrica La Reforma-San Fernando 230 kv (Boletín N.º 6; p. 8). Transmisión- Grupo Energía Bogotá.

<https://www.grupoenergiabogota.com/transmision/infraestructura-en-operacion/san-fernando-230kv-interconexion-la-reforma-meta>

Transmisión. (2020b). Activo Armenia (Boletín N.º 6; p. 8). Transmisión- Grupo Energía Bogotá. <https://www.grupoenergiabogota.com/transmision/infraestructura-en-operacion/armenia-230kv-upme-02-2009-quindio-y-risaralda>

<https://www.grupoenergiabogota.com/transmision/infraestructura-en-operacion/armenia-230kv-upme-02-2009-quindio-y-risaralda>

Transmisión. (2021, julio 14). La tecnología de drones despegó en Transmisión del GEB

[Revista Inergia]. <https://www.grupoenergiabogota.com/transmision/revista-inergia/sostenibilidad/la-tecnologia-de-drones-despego-en-transmision-del-geb>

TRECSA. (2021, noviembre). Aprovechamiento forestal de alta precisión y tendido con uso de

Drone. <https://rae2021.cecacier.org/wp-content/themes/cecacier/Presentaciones/20211202162121-04%20Drone%20Lineas%20AT.pdf>

AERONAUTICA CIVIL COLOMBIANA. (05 de 02 de 2019). *AERONAUTICA CIVIL*

COLOMBIANA. Resolución 04201. Obtenido de AERONAUTICA CIVIL

COLOMBIANA. Resolución 04201:

<https://www.aerocivil.gov.co/normatividad/resoluciones>

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS - CREG. (2018). CONCEPTO 2790 DE

2018. *CONCEPTO 2790 DE 2018*. Bogotá, Bogotá D.C., Colombia. Obtenido de

https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/concepto_creg_0002790_2018.htm

Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG. (2013). Comisión de Regulación de Energía

y Gas, CREG, Decreto 1260 de 2013. *Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG,*

Decreto 1260 de 2013. Obtenido de

[https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=65468#:~:text=La%20Comisi%C3%B3n%20de%20Regulaci%C3%B3n%20de%20Energ%C3%ADa%20y%20Gas%20\(CREG\)%20tiene,competencia%20entre%20quienes%20presten%20servicios](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=65468#:~:text=La%20Comisi%C3%B3n%20de%20Regulaci%C3%B3n%20de%20Energ%C3%ADa%20y%20Gas%20(CREG)%20tiene,competencia%20entre%20quienes%20presten%20servicios)

Márquez Parra, J. C. (2020). OPERACIÓN DE DRONES COMO VECTOR DE AMENAZA A INFRAESTRUCTURAS INALÁMBRICAS DE TI DE PYMES EN ZONA INDUSTRIAL DE MONTEVIDEO EN BOGOTÁ. *OPERACIÓN DE DRONES COMO VECTOR DE AMENAZA A INFRAESTRUCTURAS INALÁMBRICAS DE TI DE PYMES EN ZONA INDUSTRIAL DE MONTEVIDEO EN BOGOTÁ*. Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/25759>

Matamoros Ruíz, G. (06 de 2018). El uso de las tecnologías de aeronaves no tripuladas en la prevención de desastres. *En Torno a la Prevención*(20), 40-47. Obtenido de <http://revistaentorno.desastres.hn/pdf/spa/doc2003/doc2003-contenido.pdf>

Norma técnica Colombiana. (2020). Norma técnica Colombiana, código eléctrico NTC 2050. *Norma técnica Colombiana, código eléctrico NTC 2050*. Bogotá, Bogotá D.C., Colombia. Obtenido de <https://www.conte.org.co/icontec-lanza-al-mercado-el-nuevo-codigo-electrico-colombia-2050-2020/#:~:text=La%20nueva%20versi%C3%B3n%20del%20C%C3%B3digo,implementar%20en%20las%20instalaciones%20el%C3%A9ctricas>.

RETIE. (2013). REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS. *REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS*. Bogota, Bogota D.C., Colombia. Obtenido de https://www.minenergia.gov.co/documents/3809/Anexo_General_del_RETIE_vigente_a_ctualizado_a_2015-1.pdf

Díaz Saravia, M. W., & Cáceres Chiquillo, J. J. (2018). Aplicaciones de los drones para el diagnóstico de infraestructura eléctrica y de telecomunicaciones. *Revista Tecnológica; no. 11*.

Huallpa Palomino, R. (2020). Aplicación del sistema de aeronave pilotada a distancia para optimizar la supervisión del alimentador eléctrico de ingenio–Electrocentro SA.

MEDINA , P. A., & NIÑO , J. C. (2017). *Diseño de un modelo de agricultura de precisión utilizando drones y un sistema de captura, almacenamiento y análisis de datos que permita identificar a tiempo la generación de la pudrición del cogollo en cultivos de palma de aceite que se encuentran en los departamentos de Bolívar y Santander*. Bogotá D.C., Colombia:

Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación* (5a ed.).

Mc Graw Hill

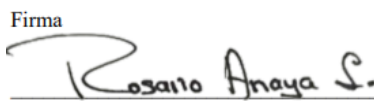
Por intermedio del presente documento en mi calidad de autor o titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra que adjunto, titulada Propuesta para la implementación de drones para el mejoramiento de las inspecciones técnicas de redes eléctricas de media tensión en la zona rural del sur de Cundinamarca., autorizo a la Corporación universitaria Unitec para que utilice en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador o titular de la obra objeto del presente documento.

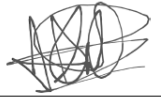
La presente autorización se da sin restricción de tiempo, ni territorio y de manera gratuita. Entiendo que puedo solicitar a la Corporación universitaria Unitec retirar mi obra en cualquier momento tanto de los repositorios como del catálogo si así lo decido.


La presente autorización se otorga de manera no exclusiva, y la misma no implica transferencia de mis derechos patrimoniales en favor de la Corporación universitaria Unitec, por lo que podré utilizar y explotar la obra de la manera que mejor considere. La presente autorización no implica la cesión de los derechos morales y la Corporación universitaria Unitec los reconocerá y velará por el respeto a los mismos.

La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato electrónico, y en general para cualquier formato conocido o por conocer. Manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y la realicé sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es de mi exclusiva autoría o tengo la titularidad sobre la misma. En caso de presentarse cualquier reclamación o por acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión asumiré toda la responsabilidad, y saldré en defensa de los derechos aquí autorizados para todos los efectos la Corporación universitaria Unitec actúa como un tercero de buena fe. La sesión otorgada se ajusta a lo que establece la ley 23 de 1982.

Para constancia de lo expresado anteriormente firmo, como aparece a continuación.

Firma

Nombre ROSARIO ANAYALAGOS
CC. 60328065

Firma

Nombre Abelardo Sierra Murillo
CC. 94500000

Firma

Nombre Raquel Cecilia Giraldo Angulo
CC. 1088236439