

**MODELO METODOLÓGICO PARA REALIZAR MANTENIMIENTOS  
PREDICTIVO Y PREVENTIVO POR MEDIO DE DRONES EN EL SISTEMA DE  
TRANSMISIÓN REGIONAL EN EL MUNICIPIO DE GUATAPÉ**

**RAFAEL ESTEBAN SEPÚLVEDA COSSIO**

**IVÁN ARLEY AGUDELO CORREA**

**JUAN CAMILO CASAS PAMPLONA**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS - SECCIONAL BELLO**

**ESPECIALIZACIÓN GERENCIA DE PROYECTOS**

**MEDELLIN**

**2017**

**MODELO METODOLÓGICO PARA REALIZAR MANTENIMIENTOS  
PREDICTIVO Y PREVENTIVO POR MEDIO DE DRONES EN EL SISTEMA DE  
TRANSMISIÓN REGIONAL EN EL MUNICIPIO DE GUATAPÉ**

**RAFAEL ESTEBAN SEPÚLVEDA COSSIO 98634703**

**IVÁN ARLEY AGUDELO CORREA 71784925**

**JUAN CAMILO CASAS PAMPLONA 1128430471**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

**ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS**

**ASESORES**

**MARÍA ELENA GALEANO**

**JOSÉ EUCARIO PARRA CASTRILLÓN**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS – SECCIONAL BELLO**

**POSGRADOS A DISTANCIA**

**ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS**

**MEDELLIN**

**2017**

**Dedicatoria**

A familiares y demás que ayudaron en lograr esta meta

## **RESUMEN**

El estudio presentado en el presente informe pretende ambientar al lector sobre unos de los sistemas de transmisión eléctrica más importantes en Colombia, que al tener un nivel importante de prioridad debe ser revisado a tiempo completo. Dicho proceso, se realiza de manera manual en las torres eléctricas lo que conlleva riesgos latentes que pueden costar vidas humanas.

Este proyecto se interesa por presentar una solución ágil, rápida y segura de realizar las revisiones de las torres antes mencionadas, con el fin de mantener el sistema libre de daños y que pueda asegurar un suministro eléctrico constante confiable.

Se abordará de manera clara las formas de revisión de torres eléctricas, presentando de un modo comprensible cómo utilizar dispositivos de vuelo no tripulado que pueden ayudar a reducir costos, tiempo y esfuerzos a las empresas prestadoras de servicios energéticos en nuestro país, esperamos sea de su agrado.

## ÍNDICE DE FIGURAS

“Figura 1”, ejecución de revisión de torre eléctrica por personal especializado.....	V
“Figura 2”, ejecución de revisión de torre eléctrica por personal especializado a nivel implementación aéreo .....	XV
“Figura 3 y 4”, Inspecciones termografías del mantenimiento predictivo de torres eléctricas.....	XXVII
“Figura 5”, puntos de revisión en las diferentes estructuras de torres eléctricas.....	XXVIII

## ÍNDICE DE TABLAS

“Tabla 1”, Matriz de involucrados en el proyecto.....	XIX-XX
“Tabla 2”, Costos asociados al proyecto.....	XXI
“Tabla 3”, Plan de acción resultado del análisis realizado en el estudio del proyecto..	XXIII-XXIV
“Tabla 4”, Cronograma propuesto presentado a los interesados para su aprobación....	XXIV-XXV
“Tabla 5”, Control de cronograma propuesto.....	XXV
“Tabla 6”, presupuesto presentado para las actividades programadas.....	XXVI
“Tabla 7”, actividades presentadas para el proceso de revisión.....	XXVII
“Tabla 8”, Calificación después de la revisión de torres.....	XXIX
“Tabla 9”, registro de actividades que revisión de torres.....	XXX

## Contenido

INTRODUCCIÓN .....	VIII
1. SITUACIÓN PROBLEMA .....	IX
2. JUSTIFICACIÓN.....	X
3. ESTADO DEL ARTE.....	XI
4. OBJETIVO GENERAL .....	XII
4.1 Objetivos Específicos .....	XII
5. MARCO TEÓRICO .....	XII
5.1 Tecnología Drones .....	XII
5.2 Mantenimiento de predictivo en torres de energía .....	XV
5.3 Regulaciones para Vuelo Asociadas a Drones .....	XVII
5.3.1 Uso Deportivo-Recreativo .....	XVII
5.3.2 Uso Comercial.....	XVII
6. Idea de negocio para Mantenimiento Eléctrico Preventivo. ....	XVIII
7. METODOLOGÍA .....	XXII
7.1 Descripción General del Proceso de Investigación .....	XXII
7.2 Tipo de Investigación .....	XXII
7.3 Alcance de la Investigación .....	XXII
7.4 Fuentes de Investigación .....	XXIII
7.5 Técnica de Investigación.....	XXIII
7.6 Plan de Acción.....	XXIII
7.7 Cronograma.....	XXIV
7.8 Presupuesto .....	XXVI
8. RESULTADOS.....	XXVI
8.1 Modelo para Realizar el Mantenimiento Eléctrico Preventivo por medio de Drones.....	XXVI

8.2	Metodología.....	XXVII
9.	CONCLUSIONES.....	XXXI
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	XXXII

## INTRODUCCIÓN

El siguiente informe de investigación describe un análisis detallado de la aplicación de los dispositivos de vuelo no tripulado y sus diferentes usos comerciales.

Así mismo este estudio revela la necesidad de plantear un modelo que minimice el riesgo en las labores asociadas al sector eléctrico.

Debido a esto se establecerá una comparación entre las posibles soluciones que existen en el mercado para disminuir el riesgo y optimizar las actividades relacionadas con el sector eléctrico



## 1. SITUACIÓN PROBLEMA

El realizar actividades laborales de alto riesgo para los trabajadores siempre ha existido desde el inicio de la humanidad; en el sector eléctrico uno de los más peligrosos para a actividad laboral el realizar los diferentes mantenimientos que existen han intentado innovar para ejecutar con bajo riesgo las actividades de campo.

El Garantizar la disponibilidad del servicio de energía eléctrica por parte de las empresas prestador es el objetivo principal y un reto constante que enfrentan permanentemente dichas organizaciones. El mercado actual presenta grandes retos por el crecimiento de la demanda que se ha tenido la última década es por ello que la calidad se debe mantener, en Colombia se tiene como consigna de calidad de servicio eléctrico de manera continua, durante las 24 horas del día, todos los días del año.

Para garantizar el funcionamiento adecuado del sistema eléctrico se deben realizar adecuados mantenimientos de los activos de las empresas, las empresas del sector disponen de subestaciones y torres de energía, estos activos se deben mantener disponibles para prestar el servicio.

Los sistemas eléctricos son susceptibles a trabajar en condiciones no deseadas y estar en ubicaciones de difícil acceso por ello el riesgo de fallar e inclusive a fallar en cualquier momento, es por esta razón que las empresas dedicadas a la prestación del servicio de la energía eléctrica, para evitar la interrupción del servicio eléctrico, continuamente realizan inversiones en una amplia gama de equipos sofisticados de monitoreo, medición, control u otros, los cuales determinan los parámetros característicos de las complejas redes eléctricas de sus sistemas.

El mantenimiento predictivo es una estrategia eficaz y eficiente para predecir fallas antes de que se produzcan, pero su aplicación depende en gran medida de la existencia de un procedimiento que logre vincular los recursos necesarios para su ejecución, no obstante, está a la disposición de cualquier empresa y no pretende desplazar a cualquier otro tipo de mantenimiento existente, al contrario, sirve de complemento y optimiza los resultados, pues le permite a las empresas que lo utilicen obtener la mejor relación costo beneficio,

además de contribuir con la calidad del servicio. Con el propósito de realizar el mantenimiento predictivo en las subestaciones de manera segura y eficaz la termografía; es decir, sin contacto físico, que permiten aplicarlas sin tener que afectar la operación normal de las subestaciones, porque no es necesario suspender el servicio eléctrico mientras se realizan las pruebas; por lo tanto, queda garantizada la continuidad del servicio eléctrico, y al mismo tiempo mejora la confiabilidad del sistema eléctrico.

Es por ello que se debe que se debe plantear una forma adecuada para realizar los diferentes mantenimientos eléctricos sin poner en riesgo los activos y a las personas que los operan.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Las fallas de los sistemas a través del tiempo siempre han existido por la complejidad de los activos, la estrategia de encontrar nuevas formas, técnicas o metodologías que permitan reducir su efecto de manera total o parcial, a fin de garantizar el suministro de energía de manera continua desde los centros de generación hasta los centros de consumo.

El mantenimiento predictivo representa una vía de solución válida para cualquier empresa, ya que garantiza la menor cantidad de mantenimientos correctivos posibles y permite optimizar los recursos a la hora de planificar el mantenimiento preventivo.

Debido a la existencia de procedimientos como el que se pretende elaborar es posible aprender y enseñar a muchas personas de una manera eficaz y eficiente, aprovechando al máximo los recursos tecnológicos disponibles y el recurso humano; que es sin lugar a dudas, el mayor potencial con el que cuenta el país.

Las empresas del sector eléctrico que operan en el país deberán enfrentarse en los próximos años a un nuevo reto conocido como calidad de la energía, y aún cuando su cumplimiento no es de carácter obligatorio, pero según la CREG (Comisión Regulación Eléctrica y Gas)

Este proyecto utiliza la tecnología, con el fin de apoyar la industria energética, dado que la tendencia mundial ha sido permeada por este tipo de tecnología, esta aplicación tecnológica de vuelo tiene como eje fundamental el conocimiento de activos ubicados en áreas que de manera manual tardarían más tiempo en realizar las actividades de revisión y supervisión de la infraestructura de transmisión eléctrica, este tipo de revisión que en el pasado podría tomar días con esta tecnología tardará horas, lo que permitirá tener una mejor proyección y conocimiento de los activos involucrados.

### **3. ESTADO DEL ARTE**

Los drones en sus inicios fueron desarrollados con fines bélicos militares, el más antiguo que se tenga registro es después de la primera guerra mundial estos se utilizaron para entrenar los cañoneros antiaéreos, han sido utilizados mayoritariamente en aplicaciones militares, donde se denominan vehículos de combate no tripulado, ya para la guerra del Golfo Pérsico demostraron su real potencial, en la actualidad los drones militares se utilizan para diferentes misiones de ataque y espionaje.

Existe un gran potencial en esta tecnología relativamente nueva, con el avance tecnológico y la caída de precios, se están empezando a utilizar cada vez más en aplicaciones civiles, los vehículos no tripulados se caracterizan para ser utilizados en vuelos de alto peligro y misiones aburridas para aeronaves tripuladas, un ejemplo es la misión de reconocimiento en la Ciudad de Chernóbil para tomar muestras radioactivas.

El primer vehículo matriculado como de uso civil fue en Europa en el 2013 para la empresa Flighttech Systems, con esta noticia se dio el primer impulso mundial para las demás empresas que tiene como idea de negocio ingresar al sector de vuelo no tripulado.

En cuanto a la observación y fotografía aérea del sector eléctrico en la cual se centra la investigación se abre un gran abanico de posibilidades comerciales y de investigación con la definición de planes anuales de mantenimiento que involucran a varias entidades interesadas en conservar el flujo eléctrico motor industrial de la región.

## **4. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un modelo basado en la tecnología de drones que gestione manera óptima los recursos que realizan los mantenimientos predictivos en el sistema de transmisión de alta tensión en el Municipio de Guatapé.

### **4.1 Objetivos Específicos**

Consultar tecnologías que complementen los mantenimientos predictivos

Investigar las regulaciones colombianas asociadas a la tecnología de drones

Describir el modelo para realizar el mantenimiento predictivo y preventivo con tecnología drones

Crear una idea de negocio para prestar servicio de mantenimiento de drones.

## **5. MARCO TEÓRICO**

### **5.1 Tecnología Drones**

Estos robots populares son pequeños vehículos voladores remotamente controlados por un operador. Para que la magia suceda puesto que usan controles más sencillos, pueden ser manejados en la pantalla de un Smartphone, a los comandos más complejos que requieren control remoto vía radio.

Un Drone normal está compuesto por material ligero para reducir su peso e incrementar su manejabilidad. Además, debe ser fuerte para que le permita soportar alturas extremadamente elevadas. Algunos están equipados con cámaras infrarrojas y GPS. En el cuerpo principal del Drone hay baterías que, por razones de peso, tienden a ser muy pequeños. Así que incluso los mejores drones del mercado normalmente tienen autonomía de vuelo de sólo unos pocos minutos.

Si bien desde hace años se cuenta con la tecnología de vehículos aéreos no tripulados, esta al momento de su creación y como ha pasado con muchos de los adelantos tecnológicos del último siglo fue concebida con un objetivo claro; la guerra, este tipo de dispositivos, al igual que los radares y gran parte de nuestros sistemas de comunicación fue puesto al servicio de los ejércitos del mundo con el fin de monitorear y/o destruir diferentes objetivos, pero hace algunos años este tipo de tecnología fue disponible para el público en general y este a su vez lo ha utilizado en diferentes aplicaciones.

Teniendo su inicio en el campo militar en la primera guerra mundial entre 1914 y 1918 estos tuvieron su mayor auge en el ámbito civil en la última década del siglo XX llegando a tener un desarrollo sostenible en nuestra época, en este documento nos limitaremos a revisar los temas contendientes a la aplicación de esta tecnología en el sector energético.

“Al ya amplio abanico de utilidades de los drones se suma ahora la inspección de líneas eléctricas. El Sistema Aéreo Remotamente pilotado (SARP), diseñado y fabricado pieza a pieza por la empresa Arborea Intellbird en sus instalaciones del Parque Científico de la Universidad de Salamanca, en Villamayor de la Armuña (España), acaba de ser entregado a Red Eléctrica de España (REE) para que pueda emplearlo en la revisión de sus tendidos.

El transportista y operador único del sistema eléctrico en España, que gestiona más de 40.000 kilómetros de líneas de alta tensión, ha confiado en la empresa salmantina, para el suministro de esta tecnología innovadora tras superar un exigente proceso de evaluación y prospección de diferentes aeronaves, según la información de la empresa recogida por DiCYT.

Esta adquisición forma parte de los programas de adaptación a las nuevas tecnologías de REE y busca explorar un nuevo procedimiento de inspección de líneas más seguro, más eficiente y más barato que los empleados actualmente. Estos sistemas tradicionales consisten en el empleo de personal que asciende a los apoyos o en el uso de helicópteros tripulados.

Este nuevo ‘aracnocóptero’, como se denominan los drones desarrollados por Arbórea, “ha sido diseñado expresamente para inspeccionar líneas eléctricas con gran eficiencia y seguridad”, tal como indica el director y fundador de la empresa, Carlos Bernabéu. La aeronave, totalmente desmontable, “puede volar incluso bajo una tormenta tropical”, tiene brazos intercambiables para operar de manera óptima en diversas condiciones meteorológicas y porta un paquete de sensores capaces de realizar fotografías y termografías simultáneas de muy alta resolución, mapeados 3D en espectros diversos y operaciones automáticas sobre el tendido.

Este aparato, que cuenta con algunas patentes, se ha concebido para detectar y procesar con precisión puntos calientes, corrosiones, patologías del hormigón y otras alteraciones físicas de los apoyos y tendidos eléctricos, con un esquema de inspección rápida y segura.”

<http://noticiasdelaciencia.com/not/16200/drones-para-inspeccionar-lineas-electricas>

“Unión Fenosa, filial de la compañía energética Gas Natural Fenosa, lleva más de un año utilizando aeronaves no tripuladas **como herramienta auxiliar en la revisión de líneas, circuitos y apoyos eléctricos**. Estos dispositivos, se encargan de complementar el trabajo de operarios y vuelos con helicópteros ya que, con estos medios tradicionales, había ciertos defectos que no se lograban localizar.

Desde que se utilizan drones en esta labor, se han revisado 40 circuitos de alta tensión **casi 550 kilómetros de líneas eléctricas** y más de 2.600 apoyos solo en la provincia castellano manchega de Ciudad Real. En el resto de la comunidad autónoma, las aeronaves han recorrido más de 1.000 kilómetros realizando revisiones a más de 5.000 apoyos y 80 circuitos de alta tensión.

El equipo de trabajo que se encarga de manejar el dron **está formado por dos personas**. Por un lado, un piloto certificado que se encarga de dirigir el dispositivo, y por otro, un operador cuya labor es manejar la carga de información recopilada por el dron.”

## 5.2 Mantenimiento de predictivo en torres de energía

### Tecnologías Existentes para Mantenimientos eléctricos

Durante al tiempo de existencia de las redes eléctricas el método más común para la revisión de las torres eléctricas es el chequeo manual, este se hace por cuadrillas de dos o más recursos dependiendo de los terrenos, formas de acceso y niveles de seguridad.



**“Figura 1”, ejecución de revisión de torre eléctrica por personal especializado.**

Una cuadrilla de revisión de torres eléctricas puede revisar entre 5 y 10 torres de transmisión por día dependiendo de la distancia y el terreno de acceso a la estas estén ubicadas, la forma de revisión se realiza escalando la torre y realizando las conexiones necesarias con el fin de proteger al revisor con el fin de que no corra ningún peligro, la forma alterna de acceso es llevar al revisor por medios aéreos y depositarlo en la torre con el fin de realizar las revisiones necesarias, estos métodos aunque manuales son muy efectivos y los únicos utilizados para realizar los diferentes tipos de revisiones y mantenimientos.

Este método permite que se cubran áreas de manera efectiva pero en terrenos con algún tipo de acceso difícil sea por el área de acceso o en nuestro país por el factor de seguridad militar se pueden generar dificultades que pueden poner el riesgo el suministro eléctrico de un área

importante de la población colombiana, según fue consultado con personal especializado en este tipo de trabajos estos factores pueden presentar una problemática que genera que algunas torres no sean revisadas en una cantidad de tiempo importante.



**“Figura 2”, ejecución de revisión de torre eléctrica por personal especializado a nivel implementación aéreo.**

Según las observaciones en la revista HSEC propuestas por el experto en este tipo de tecnología Carlos Córdoba Silva, Académico Ingeniería en Prevención de Riesgos, Universidad del Pacífico.

“Una “torre eléctrica” es una estructura de gran altura, normalmente construida en acero, y cuya función principal es servir de soporte de los conductores eléctricos aéreos de las líneas de transmisión de energía eléctrica. Se utilizan principalmente en la transmisión de energía eléctrica de Alta Tensión y pueden tener gran variedad de formas y tamaños en función del uso y del voltaje de la energía transportada. Los rangos normales de altura oscilan desde los 15 m hasta los 55 m.

El principal riesgo que se presenta en la realización de trabajos de esta naturaleza, es el de “caída de personas a distinto nivel”, riesgo asociado al simple hecho del desarrollo de las labores a una determinada altura y que puede verse agravado, entre otros factores, por una inadecuada planificación previa de los trabajos, la utilización de equipos poco seguros, un mal uso o un



deficiente mantenimiento de estos equipos, y por una formación e información insuficiente de los trabajadores. Por esta razón, toda labor de este tipo debe ser realizada por personas con formación especializada y experiencia, con suficientes conocimientos en el uso de técnicas verticales y utilización de sistemas de protección de ascenso.”

Como se puede ver por los comentarios del experto son muchos los riesgos que pueden afectar este tipo de labor que realizas día a día los profesionales en este tipo de trabajo.

### **5.3 Regulaciones para Vuelo Asociadas a Drones**

La autoridad mayor para la regulación de vuelos no tripulados o Drones en Colombia es la Aeronáutica Civil, esta entidad expidió un decreto donde regula los vuelos con tecnología drones y los clasifica en dos usos:

#### **5.3.1 Uso Deportivo-Recreativo**

Este tiene como objeto entretener a los usuarios, se caracteriza por ser vuelos dentro del espacio aéreo permitido, como pistas de aeromodelismo y zonas urbanas donde no haya presencia de personas ni edificaciones, en conclusión, está prohibido volar dentro de las ciudades y zonas urbanas

#### **5.3.2 Uso Comercial**

En este se clasifica las actividades comerciales todas aquellas que generen dinero, tales como toma fotográfica, inspecciones a edificios, entre otros.

Para realizar vuelos comerciales no tripulados se deben tener en cuenta los siguientes requisitos:

- 1.** Licencia de piloto privado con curso en tierra que dura unos 6 meses.
- 2.** 40 Horas de vuelo y 200 despegues y aterrizajes, previos, certificados por la escuela de aviación.
- 3.** Identificación y matrícula del dron.
- 4.** Póliza de seguro para daños a terceros.

5. Solicitud con plan de vuelo ante la Aeronáutica Civil con 15 días hábiles de anticipación.

6. El dron debe tener un color que permita ser identificado fácilmente en el aire.

Los drones que están autorizados en Colombia para volar son los menores a 25 kilogramos y que sus hélices sean metálicas, además no podrán volar a menos de 5000 metros de bases aéreas, bases militares y policías, entidades estatales tales como fiscalía, gobernaciones, alcaldía, además no podrán volar en eventos con aglomeración de personas sin un permiso previo.

También cabe anotar que existen unos rangos de distancia para volar, estos incluyen:

- Máxima altura para volar 152m.
- Mínima distancia de objeto o persona 52m.
- Máxima distancia recorrida 750m.

El incumplimiento de estas restricciones tiene sanciones de suspensión de la licencia de vuelo y de hasta 600 salarios mínimos legales vigentes.

## **6. Idea de negocio para Mantenimiento Eléctrico Preventivo.**

La evolución tecnológica de los últimos años ha sido muy importante y ha eliminado barreras económicas que han permitido el fácil acceso a la tecnología de vuelo no tripulado.

En la actualidad los drones 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 y se procesan fácilmente en software específicos.

Para el sector eléctrico existe una barrera como riesgo laboral y difícil acceso a las torres por su ubicación, se propone utilizar los drones con cámaras fotográficas instaladas para realizar los mantenimientos preventivos.

Como servicio complementario que se puede ofrecer con la tecnología están las inspecciones generales a infraestructura eléctrica tales como transformadores y subestaciones desde distintas posiciones sin manipular el sistema directamente.

El producto de la idea de negocio se define como **Informe de Inspección** a los activos eléctricos sin manipulación, tiene un valor agregado por la rapidez de ejecución de los trabajos de inspección y cero riesgos laborales ; los interesados en la idea de negocio son:

Matriz de Involucrados.				
Itm	Grupos	Intereses	Problemas percibidos	Recursos
1	Central Hidroeléctrica Guatapé	Confiabilidad en el sistema eléctrico	1). Perdida de dinero	1). Capital
			2). Falla en el sistema	2). Tecnología de punta
			3). Alto costo en el mantenimiento.	3). control interno
2	Contratistas Eléctricos	Desarrollo de un mantenimiento Preventivo, predictivo lo más seguro, eficiente y posible.	1). Accidentalidad laboral	1). Técnicos especializados
			2). Ausentismo laboral	2). capacitaciones
			3). Calidad en el trabajo	
3	Empresas Aseguradoras	Minimizar riesgo en la accidentalidad laboral	1). Costo alto en indemnizaciones.	1). Capacitación del personal en riesgos eléctricos
				2). Control en manejo de

				equipos de seguridad
				3). Auditorias permanentes
4	Población	Disponibilidad de energía las 24 horas del día.	1). Interrupciones constantes en el sistema eléctrico	1). Retroalimentación de los cortes de energía
5	Sector Industrial	Confiabilidad en el sistema eléctrico	1). Pérdida en producción	1). Elaboración de planes de contingencias
			2). Baja producción	2). Generación de energía con plantas eléctricas

**“Tabla 1”, Matriz de involucrados en el proyecto.**

**Costos Asociados Idea Negocio:**

<b>Servicio</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor \$(COP)</b>
<b>Gestionar de optima de los recursos que realizan los mantenimientos predictivos y correctivos</b>	1.Compra de Activos del Proyecto	Drone	4.000.000
		Cámara termografica	11.000.000
		Licencia Software	5.000.000
		Elementos de Protección Personal	5.000.000
		<b>Total</b>	<b>25.000.000</b>
	2.Recurso Humano	Selección del Piloto	1.000.000
		Entrenamiento de vuelo	3.000.000
		Certificación	1.000.000
		<b>Total</b>	<b>5.000.000</b>
	3.Plan de Mercadeo	Diseño Publicitario	1.000.000
		Producción Publicitaria	3.000.000
		Difusión Publicitaria	1.000.000
		<b>Total</b>	<b>5.000.000</b>
	Actividades	<b>Total Proyecto</b>	<b>35.000.000</b>

## “Tabla 2”, Costos asociados al proyecto.

### 7. METODOLOGÍA

#### 7.1 Descripción General del Proceso de Investigación

El proyecto de investigación se desarrollara en 3 fases

**Fase 1 Descripción de la tecnología drones:** En esta fase se investiga que son los drones, sus inicios y origen , las diferentes aplicaciones que tienen los dispositivos de vuelo no tripulado en diferentes sectores.

**Fase 2 Investigación de regulaciones de vuelo no tripulado:** En esta fase se realiza un resumen de la regulación que cobija las diferentes actividades asociadas a el vuelo no tripulado.

**Fase 3: Metodologías existentes para revisión de torres:** En la fase de investigación de metodologías existentes para la revisión de torres electricas se presentan los modelos de mantenimiento electrico que existen actualmente en el mercado

**Fase 4 Modelo de negocio:** En esta fase se propone el producto que se quiere ofrecer , el grupo de interesados del producto y los costos asociados a la idea de negocio.

#### 7.2 Tipo de Investigación

El tipo de investigación que se utilizó para el proyecto fue investigación aplicada ya que es una investigación asociada al área de ingeniería por la aplicación y usos generales que tienen los drones.

#### 7.3 Alcance de la Investigación

La investigación se realizará para las actividades de mantenimiento predictivo y preventivo de las torres de energía eléctrica de 110 kw situadas en el municipio de Guatapé en el área rural.

#### 7.4 Fuentes de Investigación

Las fuentes de investigación que se utilizaron para la realización del proyecto fueron secundarias ya que son revistas especializadas, libros y noticias ubicados en internet, se analizó la información de páginas como:

- CREG: Comisión de Regulación de Energía y Gas.
- AEROCIVIL.
- MANTENIMIENTO ELECTRICO RETIE.

Estas fuentes se eligieron ya que el análisis de la investigación es técnico.

#### 7.5 Técnica de Investigación.

La técnica de investigación elegida es la de revisión documental ya que debido a la formación técnica del grupo en el área de ingeniería se hizo necesario un rastreo bibliográfico de las diferentes aplicaciones de uso comercial para los drones en la actualidad.

#### 7.6 Plan de Acción

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	FUENTES	TÉCNICAS	RESULTADOS
Diseñar un modelo basado en la tecnología de drones que gestione manera óptima los recursos que realizan los mantenimientos predictivos en el sistema de transmisión de alta tensión en el Municipio de Guatapé	Consultas en Internet	Páginas Web especializadas Revistas de mantenimiento eléctrico Revista de Ingeniería Universidad de Antioquia	Revisión Documental	Documento resumen sobre el modelo de mantenimiento predictivo
Consultar tecnologías que complementen los mantenimientos predictivos	Consultas en Internet	Páginas Web especializadas Videos de Aplicaciones comerciales para Drones	Revisión Documental	Documento resumen de tecnologías complementarias al mantenimiento predictivo

Investigar las regulaciones colombianas asociadas a la tecnología de drones	Consultas en Internet	Páginas Web especializadas	Revisión Documental	Documento resumen de regulación de vuelo no tripulado
Describir el modelo para realizar el mantenimiento predictivo y preventivo con tecnología drones	Consultas en Internet	Páginas Web especializadas	Revisión Documental	Documento resumen para realizar mantenimiento predictivo por medio de Drones
Crear una idea de negocio para prestar servicio de mantenimiento de drones.	Consultas en Internet	Páginas Web especializadas Portal de Cultura E Visita parque del Emprendimiento en Medellín	Revisión Documental	Documento resumen de idea de negocio de mantenimiento predictivo por medio de drones

**“Tabla 3”, Plan de acción resultado del análisis realizado en el estudio del proyecto.**

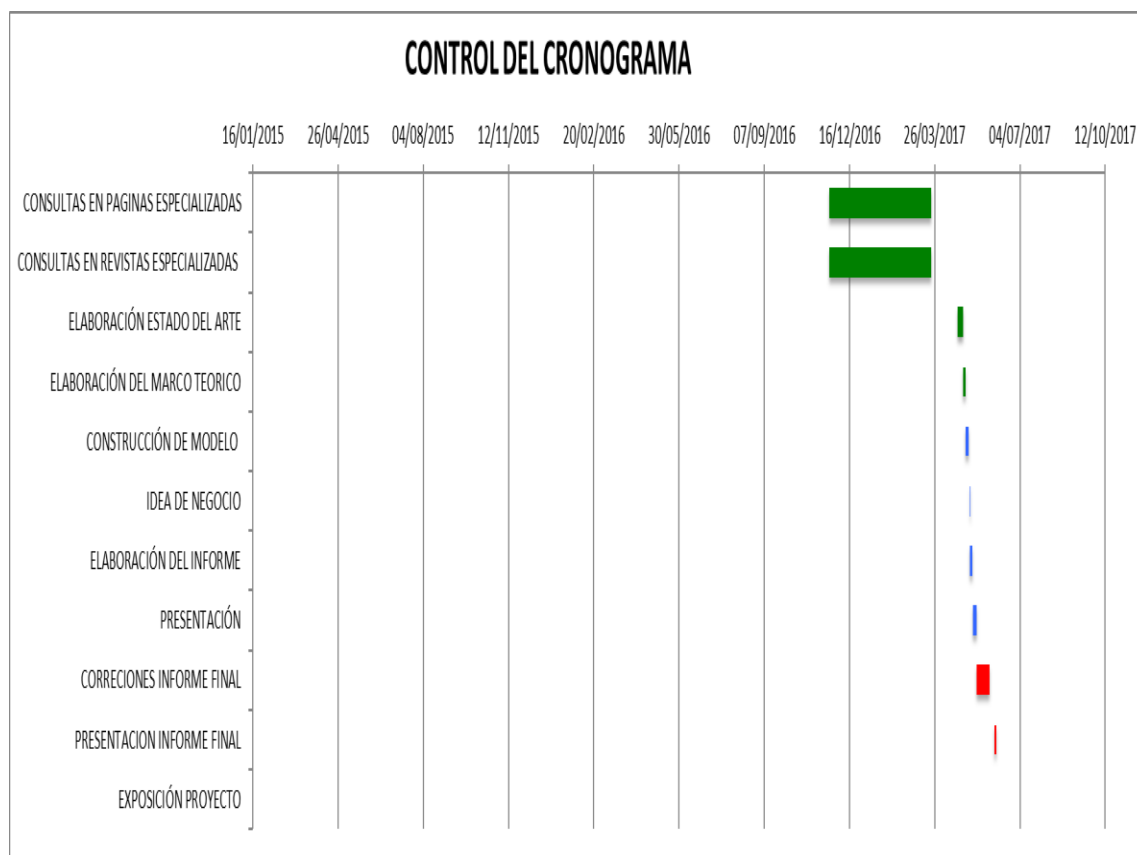
### 7.7 Cronograma

ACTIVIDAD	Fecha de inicio	Fecha final	Duración (días)
CONSULTAS EN PAGINAS ESPECIALIZADAS	22/11/2016	22/03/2017	120
CONSULTAS EN REVISTAS ESPECIALIZADAS	22/11/2016	22/03/2017	120
ELABORACIÓN ESTADO DEL ARTE	22/04/2017	28/04/2017	6
ELABORACIÓN DEL MARCO TEORICO	28/04/2017	01/05/2017	3
CONSTRUCCIÓN DE MODELO	01/05/2017	05/05/2017	4
IDEA DE NEGOCIO	06/05/2017	07/05/2017	1
ELABORACIÓN DEL INFORME	06/05/2017	09/05/2017	3
PRESENTACIÓN	10/05/2017	14/05/2017	4
CORRECCIONES INFORME FINAL	14/05/2017	29/05/2017	15



PRESENTACION INFORME FINAL	04/06/2017	06/06/2017	2
EXPOSICIÓN PROYECTO	17/06/2017	17/06/2017	0

**“Tabla 4”, Cronograma propuesto presentado a los interesados para su aprobación.**



**“Tabla 5”, Control de cronograma propuesto.**

## 7.8 Presupuesto

ACTIVIDAD	RECURSO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL
CONSULTAS EN PAGINAS ESPECIALIZADAS	HORAS DE ESFUERZO, UTILIZACIÓN EQUIPO COMPUTO, ENERGÍA	100	\$ 13.000	\$1.300.000
PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN	HORAS DE ESFUERZO, UTILIZACIÓN EQUIPO COMPUTO, ENERGÍA	50	\$ 13.000	\$ 650.000
ELABORACIÓN DE INFORME	HORAS DE ESFUERZO, UTILIZACIÓN EQUIPO COMPUTO, ENERGÍA	45	\$ 13.000	\$ 585.000
ASESORIA	DESPLAZAMIENTO UNIVERSIDAD	2	\$ 10.000	\$ 20.000
PRESENTACIÓN FINAL	DESPLAZAMIENTO UNIVERSIDAD	3	\$ 10.000	\$ 30.000
TOTAL INVESTIGACIÓN				\$2.585.000

**“Tabla 6”, presupuesto presentado para las actividades programadas.**

## 8. RESULTADOS

De acuerdo a la problemática planteada surge como propuesta por parte del equipo de trabajo elaborar una metodología la cual consiste en realizar los mantenimientos predictivos por medio de tecnología de cámaras adoptadas en drones.

### 8.1 Modelo para Realizar el Mantenimiento Eléctrico Preventivo por medio de Drones

El mantenimiento preventivo de las torres tiene como prioridad el anticiparse al deterioro o desgaste de elementos, minimizar la posibilidad de originar fallos mayores en el proceso de transmisión de energía.

El mantenimiento preventivo tiene las siguientes ventajas:

- Reducción de los costos de Mantenimiento.
- Confiabilidad en el sistema.
- Aumento de rentabilidad.

## 8.2 Metodología.

Dichas inspecciones se deben realizar con un clima favorable, la inspección de las torres se realizará a pie y con equipos de al menos 2 personas, estaría conformada por un piloto y ayudante para la manipulación del Dron, estos estarán debidamente uniformados que los acredite, además tendrán como función la toma de la información, inspección de la torre físicamente y levantamiento de un archivo fotográfico.

Las distintas revisiones que se hagan estarán encaminadas a analizar la situación y el estado actual de cada torre las cuales se verán reflejadas en las hojas de control esto con el fin de poder programar las intervenciones del caso.

Los elementos a inspeccionar y a revisar son:

<i>Ítem</i>	<i>componente</i>	<i>Concepto</i>
1	cimentaciones	<i>Estado del terreno.</i>
		<i>Estado de los apoyos</i>
2	Puesta a Tierra	<i>condiciones de la puesta a tierra (desconectada, floja o rota)</i>
		<i>Cables de tierra deteriorado</i>
		<i>Para rayos</i>
		<i>Condiciones del anillo</i>
		<i>Condiciones de los bajantes.</i>
3	Apoyos y estructura	<i>Aspectos y estado generales</i>
		<i>Estabilidad</i>
4	Aisladores y herrajes	<i>Revisión de puntos de conexión. (Inspección termografía).</i>
		<i>Estado en general</i>
5	Accesorios	<i>Cajas para fibra óptica</i>
		<i>Salva pájaros</i>
6	Zona de servidumbre	<i>Arboles al menos 2 mts</i>
		<i>Distancia mínima de edificaciones. (&lt; a 5 mts)</i>
		<i>Existencia de nuevas construcciones</i>

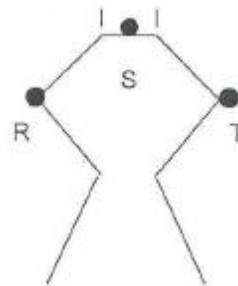
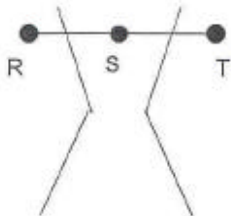
“Tabla 7”, actividades presentadas para el proceso de revisión.

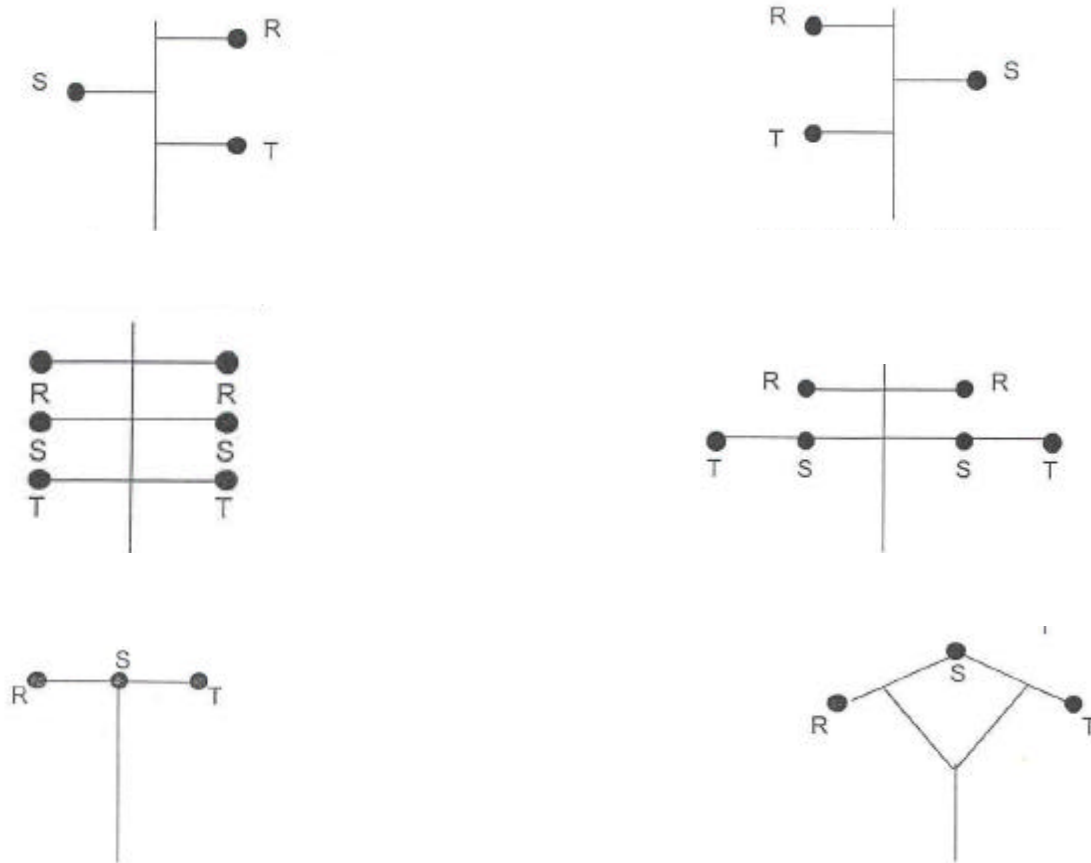
Es de suma importancia tener en cuenta que para el mantenimiento predictivo a realizar en las torres de energía es necesaria la inspección termografía, estas ayudan a predecir fallos y hacer visible lo que es invisible ante el ojo humano como se muestra en la siguiente figura:



**“Figura 3 y 4”, Inspecciones termografías del mantenimiento predictivo de torres eléctricas.**

En la inspección de los aisladores y puntos de conexión se debe tener claro la numeración de las fases a revisar dependiendo del tipo de torre como se muestra a continuación:





**“Figura 5”, puntos de revisión en las diferentes estructuras de torres eléctricas.**

En la revisión e inspección se realizará la valoración de acuerdo a la siguiente tabla:

<i>Grado de valoración</i>	<i>Descripción.</i>
<i>0</i>	<i>Ninguna anomalía</i>
<i>1</i>	<i>Existencia de anomalía, pero no es Urgente</i>
<i>2</i>	<i>Existencia de anomalía crítica, requiere intervención inmediata</i>

**“Tabla 8”, Calificación después de la revisión de torres.**

Se debe llevar el registro de cada torre para lo cual se implementa la siguiente tabla de chequeo:

Lista de Chequeo					
Datos generales: _____			Codigo: _____		
Tension: _____ Kv			# de Apoyos: _____		
Tipo de tierra _____			Fecha: _____		
componente	Concepto Inspeccionado	Grado de anomalía			Observaciones
		0	1	2	
cimentaciones	Estado del terreno.				
	Estado de los apoyos				
Puesta a Tierra	condiciones de la puesta a tierra (desconectada , floja o rota)				
	Cables de tierra deteriorado				
	Para rayos				
	Condiciones del anillo				
Apoyos y estructura	Condiciones de los bajantes.				
	Aspectos y estado generales				
Aisladores y herrajes	Estabilidad				
	Revisión de puntos de conexión. ( Inspección termografica).				
Accesorios	Estado en general				
	Cajas para fibra óptica				
Zona de servidumbre	Salva pájaros				
	Arboles al menos 2 mts				
	Distancia mínima de edificaciones. (< a 5 mts)				
Existencia de nuevas construcciones					
Notas: _____					
Fecha de Terminación:					
Firma de personas implicadas:					

“Tabla 9”, registro de actividades que revisión de torres.

Notas:

- Las revisiones según la reglamentación se debe realizar cada 3 años.
- La inspección se realizaría con **la instalación energizada.**

## 9. CONCLUSIONES

Se concluye que la utilización de la tecnología de los drones complementada con las cámaras termográficas es de gran utilidad en la prevención de fallas, disminución de costos, confiabilidad en el sistema y lo más importante la prevención de accidentes, es por eso que este sistema se hace altamente confiable para la detección de futuros daños que no son visibles a simple vista y desde una sola posición, el uso de esta tecnología es valiosa ya que disminuye en 0% los accidentes asociados a los mantenimientos debido a la característica de ser un robot el que los realiza.

La tecnología emergente de asistencia técnica por medio de drones presenta un sistema de evaluación del sistema energético, que puede tener una gran relevancia en los terrenos de nuestro país, sin embargo, se debe tener un estudio más global dado que el análisis realizado es aplicable a la geografía significativamente pequeño en comparación con el país, sin embargo, consideramos que estos parámetros pueden ser fácilmente reproducidos y acondicionados para las diferentes áreas y geografía de nuestro territorio nacional. Aunque los estudios y actividades propuestas no se han utilizado en el país, en materia de innovación que puede ayudar a salvaguardar vidas humanas, infraestructura crítica, mantener el suministro energético, manejando estándares altos de calidad según entes gubernamentales, reduce tiempo de actividades, desplazamientos que a la larga se verán reflejados en una mayor rentabilidad para las empresas que puedan patrocinar este tipo de proyectos. El siguiente paso a seguir después de proponer este estudio sería de una manera direccionada al área comercial poder buscar

inversores nacionales o extranjeros que permitan tener un proyecto de emprendimiento con miras a lograr un rendimiento monetario para todos los implicados en esta idea de negocio por esta razón estamos estableciendo contactos comerciales y de estudios que nos permitan lograr las metas propuestas.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

Material electrónico

Gestor de la red y transportista. 2016. Red eléctrica de España. Actividades. España. Recuperado de <http://www.ree.es/es/actividades/gestor-de-la-red-y-transportista#>

Abreu, A. 2010. Experiencia en la Evaluación de Aisladores Poliméricos para Sistemas de Distribución en Media Tensión a Través de un Laboratorio Natural. Artículo publicado y presentado en el “XXX Congreso Centro Americano y Panamá (XXX CONCAPAN 2010)” en la ciudad de San José, Costa Rica.

Recuperado de <https://es.scribd.com/document/43555768/Experiencia-en-la-Evaluacion-de-Aisladores-Polimericos-XXX-CONCAPAN-Articulo>

Córdoba Silva, C. 2014. HSEC Magazine. Trabajo seguro en torres de alta tensión. Grupo Editorial EMB. Chile.

Recuperado de <http://www.emb.cl/hsec/articulo.mvc?xid=379&edi=17&xit=trabajo-seguro-en-torres-de-alta-tension>

SCADA. 2017. Wikipedia. Artículo. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/SCADA>

Sistemas SCADA. 2006. Autómatas Industriales. Redes.



Recuperado de <http://automatas.org/redes/scadas.htm>

Aoude, G., Thibault, G. 2016. Los beneficios tripulados de los drones. Harvard Business Review en español. Tecnología. Recuperado de <https://www.hbr.es/tecnolog/86/los-beneficios-tripulados-de-los-drones>

Cole, C., Wright, J. 2010. What are drones? Drone Wars UK. Information and comment on use of drones. About drones. Recuperado de <http://dronewars.net/aboutdrone/>

Vilaró, E. 2015. Así es la nueva reglamentación para los drones en Colombia. El Tiempo. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16353316>

Escuela de Organización Industrial. 2014. Documentación del Proyecto Iberdrones. Plan de negocio. Recuperado de <https://sites.google.com/a/learning.eoi.es/embacon2013-iberdrones/documentos>

Advector, unmanned systems. 2014. Lo que hacemos. Productos. TEMPLATED. Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://www.advector.co/productos.html#Araknos>

Air Photo Colombia, nuestro mundo desde el aire. Drones, vuela. Ignus Agencia Web. Medellín – Colombia. Recuperado de <http://www.airphotocolombia.com/tienda/4-drones-colombia>

Empresa Distribuidora del Pacífico. 2015. Manual de Mantenimiento para Redes de Alta, Media y Baja Tensión. <http://dispac.com.co/wp-content/uploads/2015/05/ANEXO-18-B-MANUAL-DE-MANTENIMIENTO-PARA-REDES-DE-ALTA-MEDIA-Y-BAJA-TENSI%C3%93N.pdf>

Shan Ng, W., Sharlin, E. 2011. Collocated Interaction with Flying Robots. 20th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication. Recuperado de <http://utouch.cpsc.ucalgary.ca/docs/CollocatedInteractionWithFlyingRobots-Roman11-FN.pdf>

Bills, C., Chen, J., Saxena, A. 2011. Autonomous MAV Flight in Indoor Environments using Single Image Perspective Cues. Recuperado de [http://www.cs.cornell.edu/~asaxena/mav/saxena\\_mav\\_perspectivecues\\_stairs.pdf](http://www.cs.cornell.edu/~asaxena/mav/saxena_mav_perspectivecues_stairs.pdf)

Chi-Min Oh, M.Z. Islam, and Chil-Woo Lee. 2011. Pictorial Structures-based Upper Body Tracking and Gesture Recognition. Korea-Japan. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/241181280\\_Pictorial\\_structures-based\\_upper\\_body\\_tracking\\_and\\_gesture\\_recognition](https://www.researchgate.net/publication/241181280_Pictorial_structures-based_upper_body_tracking_and_gesture_recognition)

### Libros

Méndez, R. 2014. *Formulación y evaluación de proyectos. Enfoque para emprendedores*. ICONTEC.

Bills, C., Chen, J., Saxena, A. 2011. Autonomous Mav flight in Indoor Environments Using Single Image Perspective Cues. In Robotics and Automation (ICRA). IEEE International Conference on, pages 5776 –5783

