

Prevenção de riscos laborais elétricos a través de un dron termográfico inteligente para CNEL-Esmeraldas

Prevention of electrical occupational risks through an intelligent thermographic drone for CNEL- Esmeraldas

Prevenção de riscos ocupacionais elétricos através de um drone termográfico inteligente para CNEL- Esmeraldas

Hugo Arcenio Solorzano Plaza

hugo.solorzano@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-9011-2310>

Facultad de Ingenierías de la Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas-Ecuador

RESUMEN

Esta tesis aborda el tema de la inspección para mantenimiento predictivo de líneas eléctricas y torres de telecomunicaciones mediante la implementación de un Dron con cámara térmica. Para El desarrollo del Proyecto de Tesis se utilizó la metodología Prototipado Modular, el mismo que en cada una de sus fases permitió llevar de manera ordenada el desarrollo del Prototipo Dron, la ventaja de esta metodología es que nos permite ir acoplando nuevos elementos a medida que el proyecto avanza. Para elaborar este proyecto se integraron varias tecnologías, que en conjunto lograron ejecutar las funciones de inspección termográfica, Siendo este el resultado de un análisis y diseño previo a su desarrollo

Palabras clave: Drone, prototipado modular, ingeniería, riesgos eléctricos.

ABSTRACT

This thesis addresses the issue of the inspection for predictive maintenance of power lines and telecommunication towers through the implementation of a drone with a thermal camera. For the development of the Thesis Project we used the Modular Prototyping methodology, which in each of its phases allowed the development of the Drone Prototype to be carried out in an orderly manner, the advantage of this methodology is that it allows us to ensemble new elements as the project advances. Several technologies were integrated for the development of this project, which together managed to perform the functions of thermographic inspection, being this the result of an analysis and design prior to its development.

Keywords: Drone, modular prototyping, engineering, electrical risks.

RESUMO

Esta tese aborda o tema da inspeção para manutenção preditiva de linhas de energia e torres de telecomunicações através da implementação de um drone com câmera térmica. Para o desenvolvimento do Projeto de Tese foi utilizada a metodologia de Prototipagem Modular, a mesma que em cada uma de suas fases permitiu que o desenvolvimento do Protótipo Drone fosse realizado de forma ordenada, a vantagem desta metodologia é que nos permite adicionar novos elementos à medida que o projeto avança. Para desenvolver este projeto foram integradas diversas tecnologias, que em conjunto conseguiram executar as funções de inspeção termográfica, sendo esta o resultado de uma análise e projeto prévio ao seu desenvolvimento.

Palavras-chave: Drone, prototipagem modular, engenharia, riscos elétricos.

INTRODUCCION

Las fallas humanas equipos obsoletos, la falta de capacitación, traen consigo accidentes laborales producidos en actividades de inspección y monitoreo, que se manifiestan en enfermedades e inclusive muerte. Ante este evidente problema, el objetivo principal es aplicar un dron termográfico que aportara en el campo de la prevención de riesgos laborales para la ejecución segura de trabajos, el dron utilizara una cámara de alta resolución y una cámara termográfica, este dron estará equipado con multi rotores, tarjetas de control, tarjetas de vuelo y tarjetas de transmisión de información. Para su operación se colocara a 0,30m del lugar de trabajo y la cámara por un software instalado podrá emitir rayos infrarrojos los cuales capturarán los puntos calientes en los conductores y torres, esas muestras en imágenes serán procesadas y almacenadas en un micro controlador para luego transmitir las en tiempo real mediante una red WI-FI y que es receptada en un centro de control remoto que mediante la tecnología TCP/IP y que se puede visualizar en una pagina web para la toma de decisiones. En consecuencia mediante esta innovación tecnológica, se podrá disminuir el Riesgo Laboral a 0 y se optimizara en un 70% del valor total de 420.000 dólares.

CAPITULO I EL PROBLEMA PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ubicación del problema en un contexto

En la actualidad las inspecciones termográficas de líneas eléctricas en torres, son realizadas desde tierra, cuando se necesita hacer una inspección en altura se utiliza un carro canasta, con la que se puede alcanzar una altitud de hasta 16 metros, pero, cuando la altura es superior o el terreno impide el ingreso del carro canasta es necesario que un técnico realice la inspección escalando la torre, exponiendo su integridad, ya que las inspecciones se realizan en torres energizadas.

Garantizar un buen servicio eléctrico, así como el de las telecomunicaciones, es el principal objetivo de las compañías que se dedican a esta actividad, para ello es importante realizar la inspección con la finalidad de ejecutar los respectivos mantenimientos, sean estos predictivos o correctivos, proporcionando una continua disponibilidad del servicio.

El presente proyecto de titulación está dimensionado para la ciudadela guayacanes, segunda etapa, dentro de la ciudad de esmeraldas en donde se inspeccionará las líneas eléctricas las mismas que serán utilizadas para realizar las inspecciones termográfica.

Situación conflicto nudos críticos

Los trabajos de altura son de alto riesgo, tanto para el sector de las telecomunicaciones como el eléctrico, siendo este último uno de los que más índice de accidentes refleja, esta actividad laboral requiere; tiempo, recurso económico, recurso humano y equipos necesarios para realizar el trabajo de campo.

En el presente proyecto nos enfocaremos en las tareas de inspección que involucre la termografía.

Las empresas eléctricas y de telecomunicaciones utilizan equipos manuales para realizar las inspecciones desde tierra o en altura, también es necesario la utilización de manuales en donde se especifique las temperaturas de funcionamiento de cada elemento y junto a la termografía infrarroja realizar la comparación, para determinar el correcto funcionamiento de los diferentes elementos.

Causa y consecuencia del problema

CAUSAS Y CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA

CAUSAS	CONSECUENCIAS
✓ Deficiencia en las conexiones	<ul style="list-style-type: none">✓ Incremento de resistividad por malos contactos.✓ El calentamiento por efecto joule debido a un aumento de resistencia.✓ Puede generar anomalías que produzca un ciclo cerrado, el mismo que desencadena un incremento de temperatura hasta llegar a destruir los elementos.
✓ Sobrecarga en componentes eléctricos y conductores.	<ul style="list-style-type: none">✓ Provoca que los elementos trabajen en sus límites térmicos.✓ Mal funcionamiento que puede producir el deterioro prematuro de los elemento.
✓ Perturbaciones debido a componentes armónicos en el sistema eléctrico.	<ul style="list-style-type: none">✓ son las intensidades distorsionadas que absorben aparatos de funcionamiento no lineal.✓ elevada temperatura de superficie de los conductores

	neutros con respecto a las fases activas.
✓ Desequilibrio de fases.	✓ Genera sobrecarga en algunas de las fases. ✓ Incrementa la temperatura de toda la línea de la fase desequilibrada.

Fuente: Análisis de la Investigación

Delimitación del problema

DELIMITACIÓN

DEL PROBLEMA

CAMPO:	Infraestructura eléctrica y de telecomunicaciones.
ÁREA:	Cuidad de esmeraldas
ASPECTO:	Infraestructura tecnológica para la inspección termográfica.
TEMA:	inspección termográfica de líneas eléctricas y torres de telecomunicaciones implementado en dron dentro de la ciudad de esmeraldas

Formulación del problema

¿Implementar un Dron con una cámara termográfica ayudará a la inspección, así como minimizar el tiempo y costo en el trabajo de campo en las torres eléctricasy de telecomunicaciones de la cuidad de esmeraldas

Evaluación del problema

Para la evaluación del problema se determinaron los siguientes aspectos:

Delimitado:

La inspección termográfica no cuenta con una aeronave no tripulada para realizar la inspección infrarroja de las fases en torres eléctricas, la óptima recolección de datos debería ser a un metro de distancia de la fase o línea.

Evidente:

El problema es evidente, debido a que la recolección de los puntos a analizar se lo realiza desde tierra, lo que dificulta la toma de información.

Concreto:

Porque está elaborado para aumentar la eficiencia del trabajo y reducir tiempos en la inspección termográfica.

Contextual:

Porque con la implementación de nuevas tecnologías se intenta optimizar la recolección de datos minimizando el tiempo y costo.

Factible:

Porque en el mercado se encuentra los módulos, accesorios necesarios para la implementación .

Identifica los productos esperados:

Esta herramienta favorece a la inspección termográfica de manera ágil y sencilla reduciendo costos y dando otro enfoque de interpretación de datos.

OBJETIVOS

Objetivo General

Realizar la Inspección termográfica de líneas Eléctricas y torres de telecomunicaciones utilizando un Dron con una cámara, para la recolección y análisis de puntos calientes, falso contacto, etc.

Objetivos Específicos

- Recolectar información de los distintos requerimientos de inspección termográfica para la evaluación del funcionamiento y alcance de la cámara termográfica.
- Implementar Un Prototipo Dron con una cámara termográfica, para la recolección de datos.
- Evaluar la configuración de la cámara termográfica, para la óptima recolección de los puntos de análisis.
- Verificar la recolección de información del prototipo Dron para la evaluación del mantenimiento predictivo a realizar.

Alcance del Problema

Se implementará un Dron con una cámara termográfica que tendrá las siguientes funcionalidades:

- Vuelo desde 10 a 50 metros de altura.
- Dron con estabilizador de vuelo, para una mejor toma de datos.
- Cámara termográfica que nos muestre la temperatura infrarroja de los distintos elementos, componentes eléctricos, etc.

- La distancia de la inspección debe ser de 1 a 2 metros paralelo alelemento a inspeccionar.

Justificación e importancia

Las compañías del sector eléctrico en el país deben cumplir nuevos retos, uno de ellos es la calidad del servicio, y para ello las inspecciones termográficas deben ser más estrictas, con la finalidad de prevenir posibles fallas en los sistemas eléctricos y ofrecer una disponibilidad del servicio 24/7.

La importancia de este trabajo de titulación es que ayudará a la inspección en torres eléctricas, así como en torres de telecomunicaciones utilizando una cámara termográfica la misma que facilita la detección de puntos calientes, falso contacto, etc. este tipo de revisión que en la actualidad podría tomar días, con esta tecnología tardará horas, y permitirá tener una mejor proyección en los datos recopilados.

Las principales ventajas son:

Seguridad, para evitar que haya personas que realicen trabajos de inspección en altura o trabajos en proximidad de tensión.

Mejor calidad, ya que las imágenes y videos son de alta definición que nos permite un procesamiento de datos de calidad.

Costo, ya que la implementación de nuevas tecnologías permite un mayor rendimiento y eficiencia.

Se busca beneficiar a los Ingenieros Eléctricos, que ejecutan trabajos en campo para futuras investigaciones en relación a los usos que se le puede dar a los Drones, adaptándolos a diferentes áreas, en este caso está orientado al ámbito eléctrico y de las telecomunicaciones.

Metodología a emplearse

Para la elaboración del proyecto de titulación se ha escogido la metodología Prototipado Modular, también conocido como Prototipado incremental, esta técnica se utiliza cuando se añaden nuevos elementos sobre el prototipo a medida que el ciclo del proyecto avance.

Las fases de gestión de un proyecto utilizando la metodología del Prototipado Incremental es:

- **Requerimientos o comunicación.** - En esta primera fase se obtiene los requerimientos del usuario que nos permite tener una perspectiva del Prototipo Dron.
- **Planeación.** - Una vez culminada la recolección de requerimientos se procede a desarrollar un plan de las tareas y actividades que nos permitirá llevar de manera ordenada la ejecución de cada una.
- **Modelado (análisis, diseño).** – En esta tercera etapa se procede con el análisis de los diferentes componentes que van a conformar el prototipo Dron para luego realizar el diseño esquemático que permitirá tener una estructura de lo que será el producto final.

CAPITULO II

MARCO

TEÓRICO

ANTECEDENTES DEL ESTUDIOS

Desde el siglo XIX las aeronaves no tripuladas, conocido en la actualidad como Drones, fueron utilizados para fines militares, de acuerdo a la historia los Austriacos en julio de 1849 fueron los primeros que pusieron en marcha un ataque, la ciudad de Venecia fue blanco de 200 globos aerostáticos no tripulados cargados de bombas. En 1898 en la guerra Hispano-Americana EEUU coloca una cámara en una cometa, logrando así las primeras fotografías aéreas, las cuales eran utilizadas para el reconocimiento y generación de mapas de los enemigos.

(Guillermo, 2015) “La ciencia no es sino una perversión de sí mismo a menos que tenga como objetivo final el mejoramiento de la humanidad.” Una frase de Nikola Tesla, el mismo que a finales del siglo XIX demostró por primera vez que era posible el mando a distancia o radio control. Siendo esta la primera aplicación que se dio a las señales de radio frecuencia en la historia.

La guerra ha sido promotora de grandes inventos, uno de ellos fue la radiación infrarroja descubierta por el astrónomo y músico alemán Friedrich Herschel en el siglo XIX, la misma que fue aprovechada durante la segunda guerra mundial en donde se inventó misiles guiados por infrarrojos.

Alrededor de 1920 se logró convertir de forma automática la radiación en temperatura. Y en 1960 la empresa AGA de origen sueco fue quien fabricó la primera cámara termográfica para propósitos civiles y comerciales, las cuales resultaban ser muy pesadas y poco manejables por su gran tamaño, pero el avance tecnológico y el nacimiento de la era digital provocó la rápida evolución de las cámaras.

En la actualidad unir ambas tecnologías resulta ser de gran ayuda, ya que minimizan el riesgo laboral y los gastos económicos mejorando la precisión en la inspección de las infraestructuras.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

(Job, 1994) “La tecnología no es nada. lo importante es que tienes fe en las personas, que son básicamente buenas e inteligentes, y si les das herramientas, harán cosas maravillosas con ellas”.

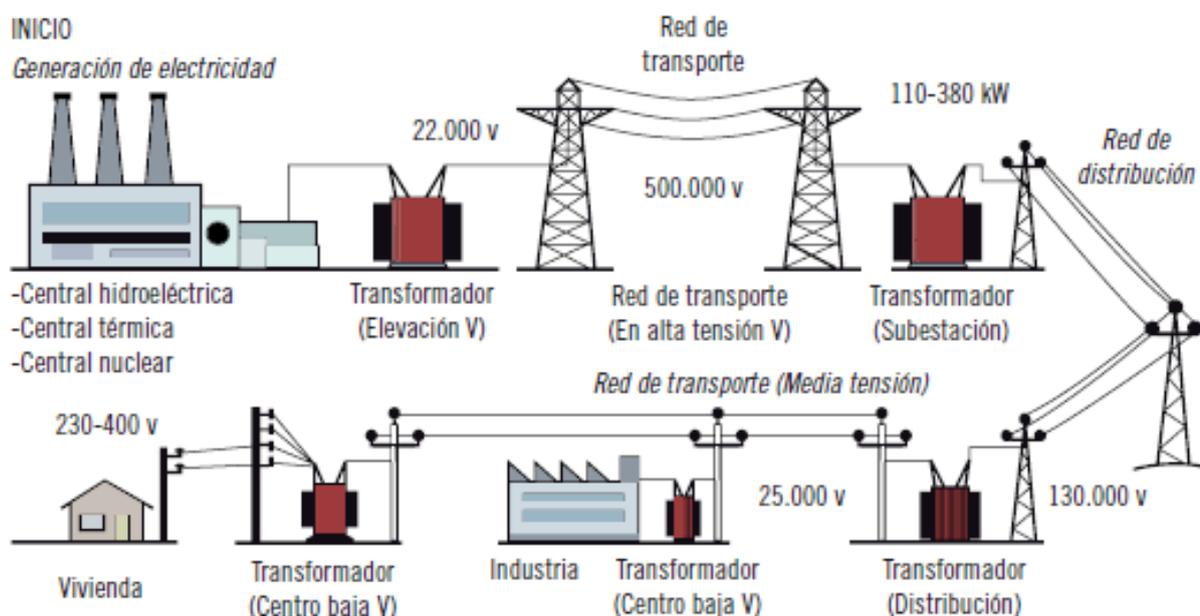
La tecnología en buenas manos puede crear y aportar al bienestar de la sociedad, un ejemplo de ello, es el ecuatoriano Santiago Uribe de 27 años quien gano el primer lugar del concurso “Drone Focus Film” que se llevó acabo en Dakota del Norte (EEUU), su objetivo fue mostrar al mundo la belleza de la biodiversidad del ecuador.

(TOFFLER, 1970) “La tecnología se alimenta a si misma. La tecnología hace posible más tecnología”

Según el texto citado por el Sr. Toffler Un avance tecnológico es una premisa para seguir desarrollando nuevos proyectos. Un ejemplo claro es el múltiple uso que se le puede dar a los Drones, entre estos esta la fotogrametría, topografía, filmación, carreras y en nuestro caso la termografía.

(El Comercio, 2015) Da a conocer de manera resumida el reglamento interpuesto por la Dirección General de Aviación Civil, en el cual menciona que la operación de sistemas de aeronaves piloteadas a distancia conocido como Drones no podrán estar cerca de aeródromos ni bases militares, así como volara más de 122 metros de altura.

Esta reglamentación da inicio a la regulación del uso de aeronaves no tripuladas, exponiendo las limitantes para su uso dentro del territorio ecuatoriano, depende de cada operario del Dron cumplir con esta disposición.



RIESGOS LABORALES

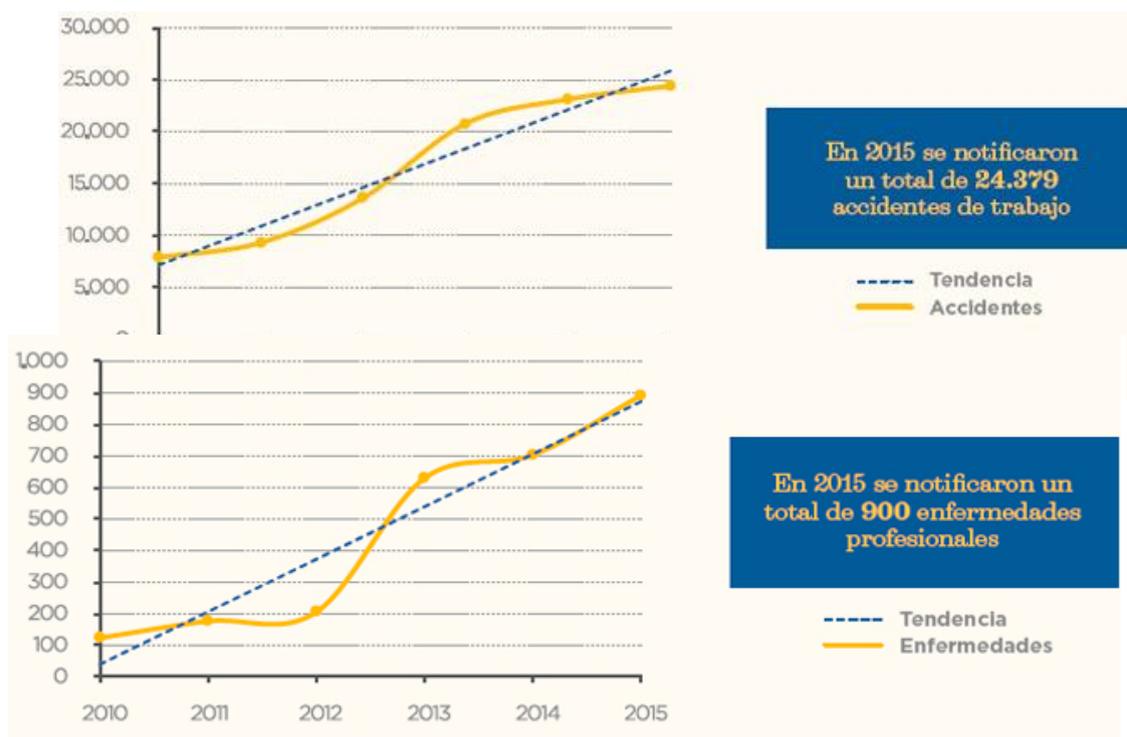






ACCIDENTES DE TRABAJO EN EL ECUADOR

- ▶ En los últimos años ha existido un incremento considerable del número de casos notificados por accidentes de trabajo (7.904 en 2010 a 24.379 en 2015) y posibles enfermedades profesionales (177 en 2010 a 892 en 2015).
- ▶ La vigente Resolución No. 513 (IESS) de Abril de 2016, además de continuar obligando al empleador a notificar los accidentes y posibles enfermedades, junto con otras disposiciones legales del Ministerio del Trabajo, se orientan en potenciar la acción preventiva mediante la evaluación y control de riesgos laborales, la detección precoz de enfermedades profesionales y la vigilancia periódica de la salud de los trabajadores.



PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES ELECTRICOS

- **Prevención:** Conjunto de actividades o medidas adoptadas o previstas en todas las fases de actividad de la organización con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo(6).
- **Protección:** conjunto de medidas dirigidas a minimizar los daños en caso de materialización de un peligro(6).
- **Peligro:** propiedad o capacidad intrínseca de algo para ocasionar daño(6).
- **Riesgo:** probabilidad de que un trabajador sufra un determinado daño(6).
- **Factores de riesgo:** condiciones de trabajo y características individuales del trabajador que influyen en la generación de riesgos(6).

Drones

Llamados también vehículo aéreo no tripulado (UAV). Son dispositivos muy utilizados en la actualidad, según el artículo TODRONE escrito por (Jaime Montero, 2016) revela que China es uno de los países fabricantes de drones con mayor proyección internacional mientras que EEUU es una de las naciones más adelantadas en lo relativo al software y todo lo que rodea la industria.

DRONES



Elaborado: tecnología-informática

Uno de los países que más invierte en la industria Dron es Francia, un exponente del país galo es PARROT quien fabrica drones y ha desarrollado múltiples plataformas para el sector profesional entre ellos podemos destacar:

Agricultura

Este Dron permite acelerar la inspección de los cultivos desde el cielo, su altitud de vuelo es de 70 metros y su alcance llega hasta los 2 kilómetros, tiene incorporado un cámara full HD lo cual facilita inspeccionar tierras, ganado y las infraestructuras, asimismo, se puede analizar el estado de los cultivos gracias al software AIRNOV FIRST.

PARROT
BLUEGRASS



Elaborado: parrot

Construcción

Este tipo de Dron permite realizar tareas de vigilancia de obras estructurales, gracias a su cámara full HD fish eye de 14 megapíxeles, puede medir las dimensiones de los edificios (longitud, altura, superficie, etc.), y realiza modelado en 3D gracias a su software PIX4Dmodel. Su autonomía de vuelo es de 25 minutos incorpora un procesador dual core con GPU quad core y 8 gigas de almacenamiento

PARROT
BEBOP-PRO 3D



Elaborado: parrot

Visualización térmica

Este modelo Dron presta una solución para inspecciones visuales o térmicas, posee dos cámaras una RVA y otra térmica de la marca Flir, gracias a esta última es posible identificar las temperaturas mediante colores superpuestos a la imagen real, así como identificar las pérdidas de calor lo cual ayuda a recopilar información para su posterior análisis. Su costo esta entre los 1500 euros.

PARROT BEBOP- PRO THERMAL



Elaborado: parrot

Existen diferentes tipos de drones según su fisonomía, modo de control y según uso.

Según el modo de control tenemos:

Programado: modo de vuelo establecido previamente sin capacidad a cambiosen el momento de su ejecución, solo permite la visualización.

Supervisado: el Dron es capaz de hacer ciertas tareas, pero el piloto siemprepilota su vuelo.

Autónomo: no necesita piloto en tierra, este es capaz de realizar el vuelo gracias a los diferentes sensores que posea integrados.

Monitorizado: este tipo de vuelo permite al piloto controlar la secuencia de tareas a realizar del Dron, más no su operatividad de vuelo. Este es usado más en agricultura de precisión.

Controlado remotamente: es controlado en su 100% por el piloto desde consola en todas sus funciones que posea.

Según su uso los podemos clasificar en:

Drones militares: utilizados para espionaje y equipados con armamento de destrucción.

Drones civiles: para uso de personas comunes, se dividen en:

- **De uso comercial.** - venta de servicios (fotogrametría, inspección, vigilancia, etc.)
- **De uso gubernamental.** - para labores de estado como bomberos rescate, primeros auxilios.

Para aficionados. - para uso personal, como hobby.

Respecto a la fisionomía tenemos:

Helicópteros: este modelo el igual al convencional, pero en menor tamaño su principal ventaja es su autonomía de vuelo de casi 1 hora debido a que solo posea un motor, es utilizado para fotogrametría, o agricultura de precisión. Pero su desventaja es el manejo debido a lo complicado de los controles ya que requiere de más precisión al momento de realizar alguna maniobra de vuelo.

Ala fija: este modelo está compuesto por 2 alas sujetas al chasis, parecidas a los aeroplanos, cuenta con un solo motor el cual le provee de potencia de empuje. Este dispositivo es el que mejor autonomía de vuelo posee gracias a la aerodinámica de su fuselaje, pero como no todo es perfecto este tipo de Dron no es capaz de elevar mucha carga, por lo cual no es usado para transporte, otra complicación es su capacidad de maniobra y su gran distancia que requiere para despegar y aterrizar.

Multirrotores: son los más populares actualmente están formados por motores independientes en los extremos del chasis. Podemos encontrar según el número de motores:

- Tricopteros (3 motores).
- Cuadricopteros (4 motores).
- Hexacopteros (6 motores).
- Octacopteros (8 motores).

DRON

CUADRICOPTERO



Elaborado: DJI

Una de las ventajas de este tipo de drones es la estabilidad de vuelo, gracias a la rotación invertida de sus motores la cual permite que este se mantenga firme soportando el máximo de viento posible según la potencia y control de velocidad que posea el Dron. Otra ventaja es su facilidad de maniobra, gracias a que según la potencia de energía permite que realice maniobras de girar en su eje, elevarse, descender y rotar 360° grados. y por ultimo su gran capacidad de carga.

Por otro lado, la principal desventaja es que a más motores use mayor cantidad de energía requiere lo que limita su capacidad de vuelo, actualmente existen

drones que soportan un vuelo entre 15 a 45 minutos según el amperaje de la batería que use.

En este proyecto de titulación nos enfocaremos en el Dron cuadricoptero, siendo este el más adecuado para desarrollar las funcionalidades requeridas, ya que recoge varias características antes mencionadas. A continuación, veremos una descripción breve de cada uno de sus componentes.

Partes de un Dron

Antes de detallar el uso de los drones en el mantenimiento predictivo de dispositivos electrónicos, vamos a mencionar las partes principales que lo componen, ya que debido a su selección que lo conforme desplegara una diversidad de posibilidades de usos.

Marco: parte principal del Dron debido a que en este se colocan todas las partes que lo conforman (motores, sensores, baterías, etc.) el material de su construcción puede ser: plástico, aluminio y fibra de carbono, lo que se debe considerar el que deben ser lo más ligero y resistente posible quedando como el mejor usado el de fibra de carbono.

MARCO DE UN DRON



Elaborado: Mlstatic

Motores, hélices y variadores: son los encargados de proporcionar fuerza de empuje al Dron, los variadores proporcionan carga eléctrica a los motores, y esta energía se trasfieren hacia las hélices a mas voltaje mayor revolución por ende efectúa el ascenso, y a menor voltaje efectúa el descenso.

MOTORES



Elaborado: Droneval

Controlador de vuelo: es el encargado en conectar todos los componentes del Dron y según la orden indicada envía una señal a cada motor permitiendo el movimiento deseado. Existen diferentes controladores de vuelo las cuales permiten mejor calidad de vuelo y precisión dependiendo del precio y características.

CONTROLADORA DE VUELO



Elaborado: Mlstatic

Radio receptor (ANTENAS): esta antena tiene la función de recibir la señal emitida por el usuario al realizar un movimiento del joystick en el control remoto, esta acción genera un impulso el cual es convertido en señal de radio y es recibida por el receptor. Esta señal es enviada a su vez a la controladora de vuelo que se comunica con el variador y manda un impulso hacia los motores dependiendo de la maniobra que haya ejecutado el usuario.

ANTENA



Elaborado: Tienda.Stockrc

Batería: proporciona la energía a todos los componentes del dron, la más usada es la de lipo (polímero de litio) gracias a su ligereza de carga. Son pesadas y ofrecen una autonomía de vuelo de entre 15 a 45 minutos, dependiendo de la marca y modelo.

BATERÍA



Elaborado: Heliboss

Gps y brújula: estos sensores electrónicos permiten estabilizar el vuelo por medio de su conexión con los diferentes satélites que existen alrededor del mundo triangulando la posición del Dron y permitiendo saber con exactitud la ubicación real del mismo. Además, permite al momento de realizar las fotos añadirle la ubicación.

. 11GPS



Elaborado: DJI

Gimbal: es un pequeño armazón en donde se coloca la cámara, posee motores los cuales permiten que esté nivelada con relación al suelo por mas movimiento que tenga el dron. Existen de 2 tipos, de 2 ejes (x,y) y 3 ejes (x,y,z), además permite eliminar la vibración provocada por los motores permitiendo realizar fotos con mayor nitidez.

GRÁFIGIMBAL



Elaborado: DJI

Cámaras fotográficas: Las cámaras son para uso audio visual y obtener imágenes fotográficas o de video. También se utilizan para fotogrametría.

Cámara infrarroja: capta imágenes en la oscuridad. Útil para trabajar en vigilancia.

Cámara multiespectral: permite capturar la luz verde, rojo e infrarrojo cercano. Usada para la agricultura para conocer el estado de salud de las plantas. Etc

Cámara termográfica: permite detectar la radiación que emiten un cuerpo sin tocarlo para luego ser convertida en imagen.

Fpv: consiste en la transmisión de video en tiempo real a través de una conexión de antenas una emisora y receptora utilizada para visualizar por donde realiza el vuelo el dron.

ANTENA FPV



Elaborado: DJI

Emisora o equipo de tierra: control el cual permite el manejo del Dron consta de palancas de aceleración y altitud como también posee dispositivos de estabilización de vuelo. Estos controles poseen una antena emisora de radiofrecuencia la cual envía la señal hacia el receptor en el Dron.

CONTROL REMOTO



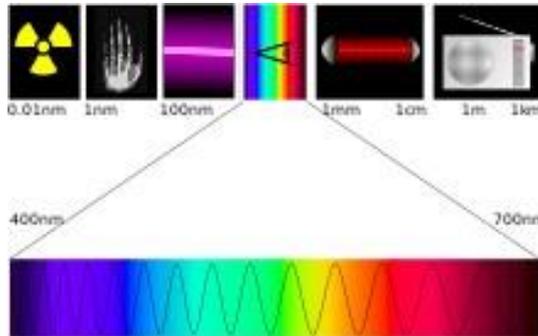
Elaborado: DJI

Termografía

Según el sitio web (Voltimum, 2015) La termografía se encarga de adquirir y analizar la radiación infrarroja que emite un cuerpo a distancia. ¿pero que es la radiación infrarroja? El sitio web (Construmatica, 2018) indica que la radiación infrarroja es la energía térmica que contiene el planeta, consecuentemente todo tiene una temperatura específica, ésta energía se emite desde la superficie del material del que está compuesto el elemento, La cantidad de radiación infrarroja ésta dada en función de la temperatura emitida del objeto, lo cual indica que se puede obtener la temperatura, midiendo la radiación infrarroja del mismo. Gracias a la cámara termográfica podemos convertir la radiación que emite un cuerpo, en una imagen visible, esto se hace mediante la asignación de colores, esto se conoce como termograma.

TERMOGR

AMA



Elaborado: Voltimum

La imagen térmica se ha venido desarrollando desde hace muchos años debido a su gran utilidad en diferentes áreas.

La imagen térmica no requiere de iluminación externa por lo que se la puede operar en el día como en la noche, la radiación térmica puede penetrar el humo y la niebla permitiendo la visualización de objetos oscuros.

Cámara termográfica

Una cámara fotográfica o video cámara depende de la iluminación para mostrar una imagen, en cambio una cámara termográfica puede ver en total oscuridad, ya que la cámara muestra una imagen basado en la radiación calorífica que emite un objeto o cuerpo.

Cada objeto tiene su emisividad y su temperatura, a continuación, mostraremos una tabla con la temperatura de cada material:

TEMPERATURA DE LOS MATERIALES

Superficie	Temperatura (°C)	Emisividad
Agua	100	0.963
Lamina de acero	900	0.60
Níquel	226	0.07
Plata	38	0.022
Oro	226	0.018
Aluminio	226	0.039
Carbón	126	0.81

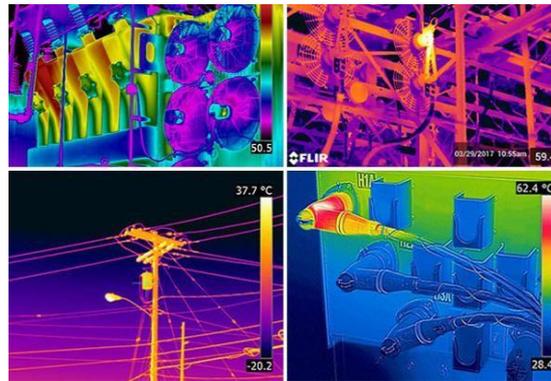
Fuente: Investigación
Elaborado: Carrera Enzo – Guacho
Javier

La emisividad está dada en función de la longitud de onda de la superficie del objeto. Un objeto negro emite la máxima energía para una temperatura es decir tiene una emisividad de 1, mientras que los objetos que no son negros emiten una parte de esta radiación.

Según información recolectada del sitio web (Flir, 2018) la primera cámara térmica fue desarrollada en Suecia en 1958 por la empresa AGA (Flir systems), su desarrollo fue para uso militar ya que la tecnología termográfica permite ver a través de la niebla, la lluvia, la nieve y el humo lo que incrementó el interés y sus aplicaciones.

En 1965 se desarrolló la primera cámara térmica para uso comercial, fue destinada a la inspección de líneas de alta tensión, la industria eléctrica se favoreció de la termografía ya que ésta le suministraba información valiosa de los equipos tales como; Fusibles, conexiones, cables, transformadores, etc. Esto se realizaba gracias a complicados algoritmos embebidos en la cámara térmica, lo cual hacía posible calcular valores de temperatura.

MEDICIONES CON UNA CÁMARA FLIR

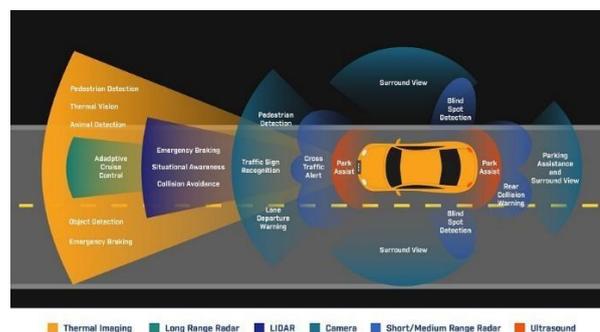


Elaborado: Flir Systems

Según (Flir, 2018) Gracias a que cada vez más empresas industriales empezaron a hacer uso de la termografía, se pudo dar paso a la denominada producción en masa, más sin embargo su costo seguía siendo elevado ya que bordeaba los 20.000 euros.

BMW un grande en la industria automotriz, tomo la decisión de incorporar una cámara térmica para mejorar la visión de los conductores en sus vehículos de gama alta, lo que llevo a la producción en masa de las cámaras termográficas a otro nivel. Ya que el sector automotriz demanda miles de cámaras para sus automotores.

VISIÓN TERMAL



Elaborado: RoadTraffic

Según información subida por el sitio web (Road Traffic., 2018) Flir Systems lanza un kit de desarrollo automotriz de visión térmica (ADK) de alta resolución con la cámara Flir Boson para fabricantes de automóviles, este ADK permite incrementar la confiabilidad y la redundancia necesaria para los autos que se conducen por sí mismo.

Apower Mirror

Es una aplicación móvil multiplataforma, el cual permite duplicar la pantalla de nuestro Smartphone a una pc o laptop. Tener el control total del dispositivo desde nuestra PC, esta aplicación permite al usuario grabar la pantalla del móvil desde la PC, etc. Para hacer uso de la aplicación es necesario estar conectado ala misma red local.

CAPITULO III

PROPUESTA TECNOLÓGICA

El siguiente proyecto de titulación nace de la necesidad de realizar inspecciones termográficas con una mejor precisión en la recolección de datos térmicos precautelando así la integridad de los técnicos encargados y abaratando costos en su ejecución.

Entre sus características tenemos:

- Vuelo estable del Dron.
- Control remoto del Dron a una distancia de hasta 100 metros.
- Inspección térmica de las fases a una distancia paralela de dos metros.
- Recolección de los datos termográficos.
- Análisis de la información recopilada en base a los manuales de funcionamiento de cada elemento.

La implementación del dron con una cámara termográfica facilitara el trabajo y minimizara costos de operación ya que la inspección se la realizara desde tierra con más facilidad y en menos tiempo.

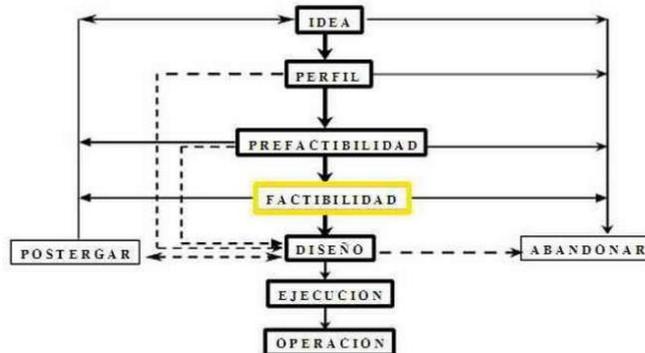
La comunicación de la cámara se establecerá a través del software gratuito Apower Mirror el mismo estará instalado en el celular y en la laptop para realizar la conexión. Y así poder controlar la cámara termográfica.

Para acceder a las imágenes se establecerá una conexión FTP siendo el Smartphone el servidor y la laptop con sistema operativo Windows el cliente.

Análisis de Factibilidad

Antes de implementar cualquier proyecto se debe realizar un análisis o estudio, el mismo que embase a la información recolectada determinara si el proyecto cumple con los requisitos para ser factible.

CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO



Elaborado: Gestipolis

Como se muestra en la imagen superior existen fases que anteceden la elaboración de un proyecto, gracias a este análisis se decidirá si el proyecto se abandona, posterga o se empieza con su diseño.

El presente proyecto permitirá una mejor inspección termográfica y de esta manera mejorará el proceso que se lleva actualmente.

Para el Análisis de factibilidad se utilizó la matriz FODA, es un acrónimo de fortaleza, oportunidad, debilidad y amenaza, Esta herramienta de estudio permite analizar una mejor estrategia para implementar con éxito nuestro trabajo de titulación.

En el siguiente cuadro se muestra el análisis del FODA

ANÁLISIS

FODA

<p style="text-align: center;">Fortaleza</p> <ul style="list-style-type: none">• Dron con Vuelo Estable.• Altura de vuelo de hasta 50 metros.• Transmisión de imagen Remota.• Generar informe vía APP o software• Resistente a caídas hasta 2 metros	<p style="text-align: center;">Debilidad</p> <ul style="list-style-type: none">• Personal poco capacitado para el vuelo del Dron.• Tiempo de vuelo de 30 minutos.• Cámara sin Zoom óptico.
<p style="text-align: center;">Oportunidad</p> <ul style="list-style-type: none">• Minimizar tiempo y recurso en la toma de datos.• Reducir riesgos laborales en las inspecciones.• Mejorar el tiempo de vuelo	<p style="text-align: center;">Amenaza</p> <ul style="list-style-type: none">• Velocidad del Viento superior a los 15 Km/s.• Lluvias.• interferencia electromagnética de las torres.

Fuente: Investigación

Factibilidad Operacional

Este proyecto de titulación beneficiara a los técnicos de campo que realizan las inspecciones para el mantenimiento predictivo de las torres del sistema eléctrico como también las de telecomunicaciones.

El dispositivo Dron contiene un software de manejo el cual permite controlarlo de manera fácil y sencilla gracias a sus sensores que le permiten un vuelo estable soportando hasta vientos de 10km/h. reduciendo al 75% de peligro de que el técnico pueda colisionar el Dron con la torre.

La cámara termográfica permite visualizar los componentes eléctricos determinando su temperatura actual, lo que permite al técnico recopilar los datos para luego ser procesados, dando como resultado informe técnico el cual determinara el estado del componente.

Nuestro proyecto es factible porque el técnico encargado podrá realizar los análisis del estado de los componentes eléctricos desde el suelo lo cual le permitirá estar a salvo de cualquier tipo de contacto con las fases de la torre, o descarga eléctrica, salvaguardando su integridad y permitiendo a la empresa evitar gastos en seguros médicos.

Factibilidad Técnica

En la actualidad existe diversas técnicas para medir la temperatura de un elemento eléctrico, uno de ellos es el calorímetro, pero el más intuitivo y exacto es la termografía infrarroja ya que su cámara muestra las áreas de calor.

Recurso hardware

Cámara Flir One Pro

En el proyecto utilizaremos un cámara de Marca Flir para sistemas Android el cual nos sirve para obtener las imágenes y videos térmicos, este dispositivo va conectado en un Smart Phone el cual tiene instalado una aplicación que permite la utilización de la misma.



Elaborado: Flir Systems

CUADRO N. 5

ESPECIFICACIONES DE UNA CÁMARA TERMOGRÁFICA

Número de modelo	FLIR ONE Pro
General	
Certificaciones	MFi (versión iOS), RoHS, CE/FCC, CEC-BC, EN61233
Temperatura de funcionamiento	0 – 35 °C (32 – 95 °F), carga de batería 0 – 30 °C (32–86 °F)
Temperatura de almacenamiento	De -4°F a 140°F (de -20 °C a 60 °C)
Tamaño	68 mm An x 34 mm Al x 14 mm F (2,7 in x 1,3 in x 0,6 in)
Peso	36,5g
Golpes	Caída desde 1,8m
Vídeo	
Cámara visual y térmica con MSX	
Sensor térmico	Tamaño de píxel 17 µm, de 8 a 14 µm de rango espectral
Resolución térmica	160 x 120 píxeles
Resolución visual	1440 x 1080
HFOV/VFOV	55° ± 1°/43° ± 1°
Frecuencia de imágenes	8,7 Hz
Foco	15 cm fijo - Infinito
Radiometría	
Rango dinámico de escena	-20°C – 400°C, -4°F - 752°F
Precisión	±3 °C o ±5 %, típica

	Porcentaje de la diferencia entre la temperatura ambiente y de la escena. Se aplica a 60 segundos tras el inicio cuando la unidad está entre 15 y 35 °C y la escena está entre 5 y 120 °C.
Sensibilidad térmica (MRDT)	150 mK
Ajustes de emisividad	Mate: 95 %, semimate: 80 %, semibrillante: 60 %, brillante: 30 %
	La temperatura de fondo reflejada es de 22 °C
Obturador	Automático/Manual
Alimentación	
Duración de las pilas	Aproximadamente 1 h
Duración de carga de la batería	40 min
Interfaces	
Vídeo	Lightning macho (iOS), micro USB-C macho (Android)
Carga	USB-C hembra (5 V/1 A)
Aplicación	
Visualización/captura de vídeo e imagen fina	Guardado como 1440 x 1080
Formatos de archivo	Imágenes estáticas - jpeg radiométrico
	Vídeo – MPEG-4 (formato de archivo MOV (iOS), MP4 (Android))
Modos de captura	Vídeo, imagen estática, lapso de tiempo
Paletas de color	Gray (caliente blanco), Hottest, Coldest, Iron, Rainbow, Contrast, Arctic, Lava y Wheel.
Medidor puntual	Apagado/°C/°F. Resolución 0,1 °C/0,1 °F
Distancia MSX regulable	0,3 m – Infinito

Monitor de carga de la batería	0- 100 %
--------------------------------	----------

Fuente: Investigación

Phantom 3 Estándar

Utilizamos el Dron Phantom 3 estándar el mismo proporciona una estabilidad de vuelo, incorpora la opción de retornar al punto de partida en caso de que se pierda la señal, asimismo cuando no se opera el Dron automáticamente mantiene su altitud y posición a espera que se le de nuevas instrucciones.

PHANTOM 3 STANDAR



Elaborado por: DJI

Recurso – Software

Son sistemas que permiten integrar la funcionalidad de los dispositivos, paralograr un mayor alcance. Los sistemas a utilizar son:

- Sistema Operativo Android
- Aplicación Apower Mirror
- Aplicación DJI
- Aplicación para la cámara Flir Tools

- Aplicación ES EXPLORER para servidor FTP

Factibilidad Legal

Como se explicó en el capítulo anterior, en la sección de fundamentación legal las leyes para el uso de Drones en el espacio aéreo ecuatoriano están restringido por ciertos parámetros lo cuales no afecta a nuestro proyecto de titulación, temas como la altitud de vuelo permitido, tiempo de vuelo y condiciones climáticas están por debajo del límite establecido por la Dirección General de Aviación civil.

Factibilidad Económica

El actual proyecto cuenta con financiamiento propio, los costos invertidos no supera el valor real de un dispositivo de fábrica. A continuación, se detalla el costo que conlleva la elaboración del proyecto de titulación.

ETAPAS DE LA METODOLOGÍA DEL PROYECTO

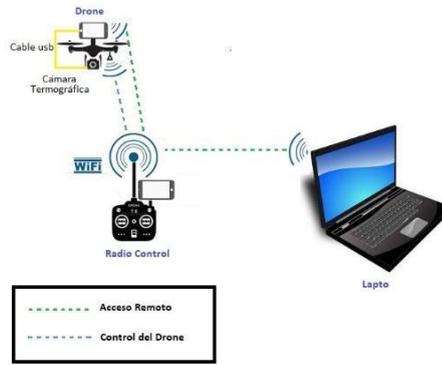
La metodología usada en este trabajo de titulación es de tipo Prototipado modular, el cual consiste en una técnica que recoge los requisitos principales del procedimiento de realizar el mantenimiento predictivo de líneas eléctricas con todas sus funciones permitiendo simular el original de modo que el técnico pueda realizar con facilidad dicho proceso.

Las etapas de este prototipado modular son:

- Requerimientos o comunicación
- Planeación
- Modelado (análisis, diseño)

La finalidad de esta metodología es que la utilización de la herramienta Dron sea

DIAGRAMA DE INTERCONEXIÓN



Fuente: Componentes del
proyecto



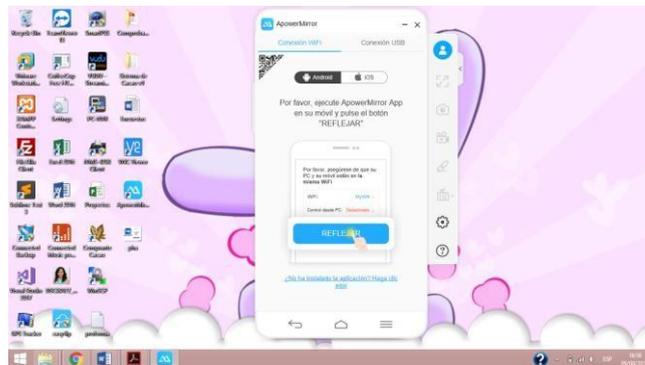
Fuente: play store

Elaborado: Flir Systems

Apower mirror: esta aplicación nos permite acceder de manera remota desde una computadora portátil hacia el celular, para controlar el Smartphone desde tierra.

APLICACIÓN

APOWER MIRROR



Fuente: Aplicación Apower mirror

INFORME DE PRUEBAS QUE PUEDEN HACERSE

Comunicación inalámbrica

La comunicación se la realiza por medio del control remoto, que sirve de router, transmite en frecuencias de 2.4Ghz para controlar el Dron y frecuencia de 5Ghz para la transmisión de video en FPV, aprovechando la red wifi de 2.4 Ghz se establece una red local para la comunicación desde tierra (con una laptop) hasta el Dron que tiene adaptado un celular con sistema operativo Android y la cámara Flir one pro.

COMUNICACIÓN INALÁMBRICA



Fuente: Investigación

Por medio de la aplicación Apower Mirror es posible reflejar el dispositivo móvil en la laptop de manera inalámbrica, permitiendo controlar el Smartphone y por ende la aplicación de la cámara térmica y así poder hacer la recolección de información termográfica sea imágenes o videos.

La aplicación ES EXPLORADOR nos permite configurar nuestro Smartphone como servidor FTP de esta manera desde la laptop podemos acceder a la biblioteca multimedia de la aplicación Flir one y revisar, descargar las imágenes y emitir un informe desde tierra mediante el software Flir tools

Estructura del Dron

El dron ya viene equipado con sus cámaras de videos, de cámara para fotos y de cámara termica

Cámara térmica

Para evaluar la configuración de la cámara termográfica Flir One Pro debemos tomar en cuenta tres aspectos fundamentales, unidad de temperatura, emisividad, medidores de temperatura, paleta, ángulo de medición y distancia.

A continuación, veremos brevemente alguno de ellos, ya que su configuración permitirá una óptima recolección de los puntos térmicos a analizar.

Unidad de Temperatura.

Nos permite seleccionar entre dos unidades, sea grados Celsius (°C) o grados Fahrenheit (°F)

GRÁFICO N. 28



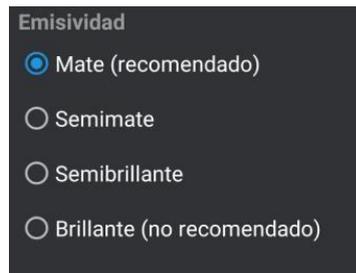
Elaborado por Javier Guacho – Enzo

CarreraFuente: Informe de
prueba

Emisividad.

Es la capacidad que tiene un material de emitir radiación infrarroja, por lo que es importante seleccionar la emisividad dependiendo del material que se vaya a medir, por defecto viene seleccionado MATE el cual es una buena aproximación a la mayoría de los materiales.

EMISIVIDAD

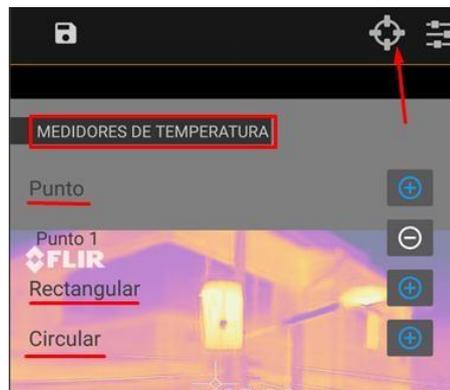


Fuente: Informe de prueba

Medidores de temperatura.

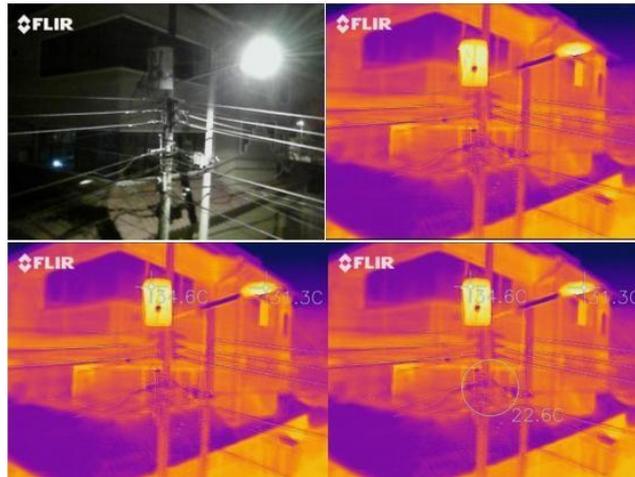
Esta configuración nos permite validar la temperatura durante la medición o después de la captura de la foto, facilitando así el trabajo en el caso de que se haya pasado por alto algún punto.

MEDIDOR DE TEMPERATURA



Fuente: Informe de prueba

MEDIDOR DE TEMPERATURA

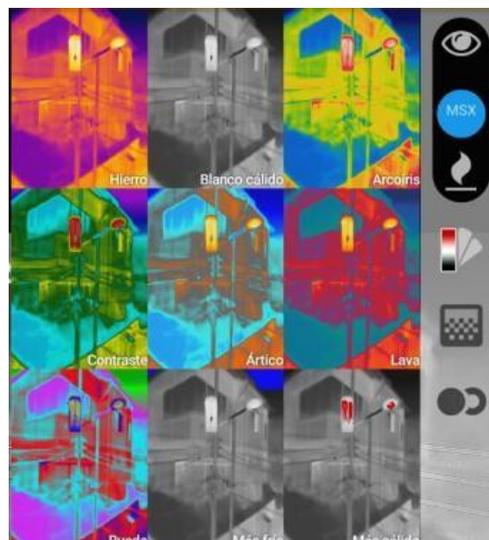


Fuente: Informe de prueba

Paleta.

Nos da a elegir entre una gama de filtros de imagen, dependiendo de la que necesitamos se seleccionara una de ellas.

PALETA



Fuente: Informe de prueba

Para nuestra configuración Utilizamos:

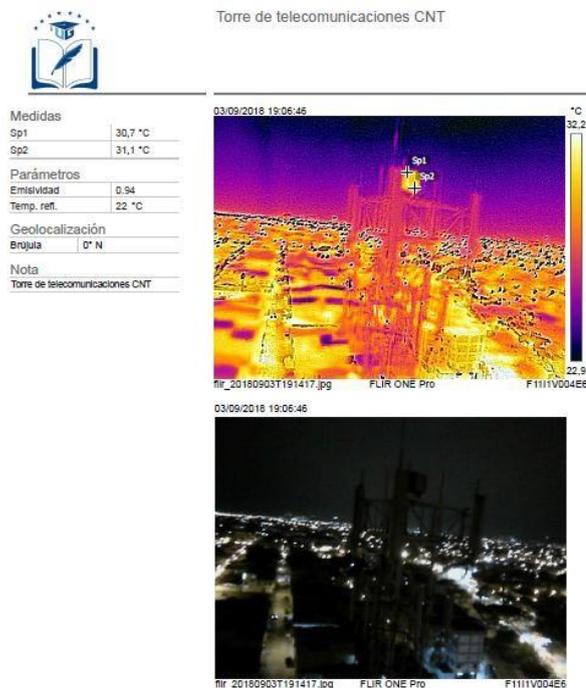
- Grados Celsius (° C)
- Emisividad: Mate
- Medidor de temperatura: punto
- Paleta: arcoiris

Análisis

En la siguiente imagen se puede ver la torre de telecomunicaciones de CNT, utilizamos la paleta y seleccionamos el filtro arcoíris, del lado derecho de la imagen térmica podemos ver la temperatura mínima y máxima dentro de la imagen.

En Sp 1 muestra una temperatura de 30.7 ° C y el punto Sp2 la temperatura no varías tanto en relación al punto anterior, muestra una temperatura de 31.1 ° C lo cual es aceptable ya que es un reflector lo que irradia esa temperatura.

PUNTOS DE ANÁLISIS



Fuente: Informe de prueba

CAPITULO IV CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DEL PRODUCTO

Para la aceptación del producto se estableció un estándar el cual cumple con los requisitos necesarios para su óptimo funcionamiento. Su detalle a continuación.

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

CONCEPTO	REQUERIMIENTOS	CRITERIO DE ACEPTACIÓN
Técnico	Configuración del Dron	Permite Calibrar el control remoto, y la funcionalidad de cada botón.
		Permite la configuración de altitud máxima de vuelo, distancia. Y altura para retorno a casa
		Permite una configuración general, unidad métrica, mostrar ruta de vuelo, cache de video, etc.
	Configuración de la Cámara	Permite configurar el rango de temperatura dentro del menú de Opciones de imagen.
		Permite configurar la región de interés y así mostrar los puntos de temperatura dentro de la región
		Permite una configuración general donde se especifica la unidad de medida, guardar la ubicación, etc.
Configuración la app remota	Permite acceder al Smartphone desde la pc, estando dentro de una misma red local	
Calidad	Comunicación del Dron	Se realiza pruebas para establecer la comunicación entre el Radio control y el Dron

Estabilidad de Vuelo	Se comprueba que el Dron se mantiene estable cuando se envié o no una orden
Altitud de vuelo	Se verifica que la altitud de vuelo corresponde a los parámetros establecidos
Distancia de Vuelo	Se verifica que el operador del Dron puede tener el control sobre el distanciamiento entre el Dron y los elementos a inspeccionar
Transmisión de información	Se realizan pruebas para garantizar la transmisión de datos desde el Smartphone hasta la PC
Integridad de los Datos	Se valida que la información obtenida es la correcta, de acuerdo a la comparación de diferentes equipos.
Integridad de Equipos	Se Valida que el Dron retorne al punto de origen en caso de pérdida de señal o batería baja

Fuente: Criterio de Aceptación

CONCLUSIONES

Culminado el actual proyecto de titulación es posible dar a conocer las siguientes conclusiones.

- Se determinó la tecnología existente para la captura de datos para realizar el mantenimiento preventivo.
 - Se evaluó económicamente el estado de una red inalámbrica y el personal técnico calificado según CENEL y por el proyecto donde se determinó un ahorro del 70%
 - Se estableció el diseño adecuado del equipo a equiparse sobre el Dron para realizar las inspecciones.
 - Se obtuvo además una clara apuesta a la seguridad, menor inversión, imágenes y video geo referenciados, análisis en tiempo real, rapidez en la actuación y predefinir rutas de vuelos.
-
- Se determina que la implementación del prototipo Dron ayuda de manera positiva a la inspección para mantenimiento predictivo de torres eléctricas y de telecomunicaciones reduciendo costo y tiempo.
 - Con la utilización del Dron en inspecciones termográficas se minimiza los riesgos de accidentes al personal técnico de campo, encargado de dichas actividades.
 - El actual proyecto ofrece la opción de crear videos y tener un respaldo de los mismos, con la finalidad de puedan ser utilizados como una mejor análisis o estudios posteriores.
 - El uso de la herramienta propuesta permite agilizar los procesos y mejorar la calidad de servicios eléctricos y de telecomunicaciones a la ciudadanía

RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar sensores de proximidad en el Dron, para evitar un acercamiento excesivo al momento de hacer las inspecciones termográficas.
- Se recomienda que se revise el manual de usuario para que conozca el modo de preparar al Dron antes y después de cada vuelo.
- Se aconseja que el Dron sea operado por un usuario o técnico calificado para evitar accidentes de cualquier tipo.
- Se recomienda que antes de utilizar el Dron se haga la calibración del Giroscopio y de la brújula con el objetivo de que el dispositivo retorne al punto de origen en caso de pérdida de señal o batería baja.
- Se recomienda el uso del Dron en lugares abiertos, evitar lluvia y vientos fuertes para que su estabilidad sea efectiva.
- Se recomienda no exponer la cámara directamente al sol, ya que podría dañar la cámara.
- La Universidad de esmeraldas debería incentivar proyectos orientados al uso de este tipo de tecnologías, con la finalidad de fomentar y desarrollar el interés entre los estudiantes.
- Dentro de un proyecto tan ambicioso como lo es, siempre se desea que haya una mejora continua, por lo tanto se recomienda a futuros estudiantes, empresas que tengan interés en el proyecto, la complementación de este estudio con un sistema con más distribuciones para el total monitoreo y control de las redes eléctricas, y así previniendo riesgos laborables
- Se recomienda a las autoridades de la universidad llevar adelante este diseño para que en coordinación con la Dirección provincial de la empresa eléctrica y otras entidades afines lo implementen
- Se recomienda a las autoridades de la universidad invertir con la implementación de este estudio

- RESULTADOS
- Como resultado de la investigación acerca del tema se determinó la viabilidad económica y de materiales del proyecto , además de observar como se puede resolver un problema de seguridad laboral los cuales comparados con países más desarrollados que ya lo tienen implementado dando muy buenos resultados reduciendo a los índices de enfermedades y mortalidad del personal por accidentes durante actividades de inspección y mantenimiento a cero.

COSTOS DE ELEMENTOS DE UNA RED INALAMBRICA

• Tarjeta arduino uno	40.10
• Sensor de temperatura	10.00
• Sensor de presión	15.00
• Sensor de velocidad del viento	20.00
• Módulo wi fi	30.00
• Módulo transceptor	20.00
• Lcd 16x2	22.95
• Módulo wireless inalámbrica	10.00
• Modulo batería lipo	30.95
• Panel solar	10.50
• Construcción del diseño mano de obra	100.00
• Compra del dron	8000.00
• Cámara Termo gráfica	15000.00
• Cámara de alta resolución	5000.00
• Laboratorio de Robótica	5120.00

Costos totales 35000 DOLARES

COSTOS – BENEFICIOS

- Equipo de trabajo en CENEL un ingeniero, un supervisor cuatro técnicos un carro , 5 días de viáticos total 5000 dólares por 5 subestaciones igual 25000 dólares viáticos
- Equipo de trabajo con el dron dos técnicos especializados 5 días 1500 dólares por 5 subestaciones 7500 dólares
- Costos de los Drones equipados 35000 dólares por 5 subestaciones igual 175000 dólares
- RESUMEN EN UN AÑO
- CENEL invertiría 300.000 dólares viáticos
- Proyecto invertiría 90.000 dólares viáticos
- Compras de 6 Drones con equipamiento 210000 dólares

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarracin Sarmiento, K. D. (2018). Análisis de normativas, reglamentos y capacitaciones para la importación y comercialización de drones profesionales en Ecuador.
- Coloma Romo, E. (2015). *Tecnologías del siglo XXI para el periodismo ecuatoriano análisis del tratamiento de tecnologías como drones y wearables en el periodismo enfocado en Ecuador* (Bachelor's thesis, Quito, 2015.).
- CRUZ, J. (2017). Elementos de la noticiabilidad a partir del uso periodístico de drones en la cobertura del terremoto en ecuador de 2016. *revistapuce*.
- El Comercio. (2015). Reglamento para el uso de Drones en el Ecuador.
- Flir. (3 de agosto de 2018). www.flir.es. Obtenido de <http://www.flir.es/cs/display/?id=51839>.
- Guillermo, F. (2015). El Secreto de dios. En F. Guillermo, *El Secreto de Dios*(págs. 200-220). Mexico: Penguin Random House.
- Gutiérrez-Proenza, J., Quishpe-Lugmaña, K. S., & Tipantuña-Tenelema, S. F. (2022). Drones en el Ecuador: aproximación a una regulación jurídica ineludible. *Revista Jurídica Crítica y Derecho*, 3(4), 68-79.

- HEMAV. (abril de 2016). <https://hemav.com>. Obtenido de <https://hemav.com/el-origen-y-la-historia-de-los-drones/>
- Jaime Montero. (10 de mayo de 2016). www.todrone.com. Obtenido de <https://www.todrone.com/pais-mas-invierte-en-drones/>
- Job, S. (1994). (R. STONE, Entrevistador)
- Mariano Lopez. (2009). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE VISIÓN DE LUZ VISIBLEE INFRARROJA PARA VEHÍCULO AÉREO AUTÓNOMO*. Mexico.
- Marlady Ortiz. (septiembre de 2012). <http://isw-udistrital.blogspot.com>. Obtenido de <http://isw-udistrital.blogspot.com/2012/09/ingenieria-de-software-i.html>
- Parrot. (agosto de 2018). www.parrot.com. Obtenido de <https://www.parrot.com/soluciones-business/construccion/inspeccion-visual-y-termica#identificar-rapida-y-facilmente-las-perdidas-termicas->
- Quimbita Peláez, M. A. (2016). *Uso civil de drones y la afectación al derecho a la intimidad personal y familiar en el Ecuador, 2015* (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
- Road Traffic,. (30 de enero de 2018). www.roadtraffic-technology.com. Obtenidode <https://www.roadtraffic-technology.com/contractors/detection/traficon/pressreleases/high-res-thermal-camera/>
- Rogatyuk, D. (2019). Ecuador: 'Drones' revolt against neoliberal policies. *Green Left Weekly*, (1240), 13.
- Sánchez, W. A. (2014). COHA Report: Drones in Latin America. *Hermes*, 900(4).