



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA

“Análisis de puntos calientes del alimentador N° 01CV13B1S4–Latacunga sur de la subestación 01CV–El Calvario de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi (ELEPCO S.A.) mediante termografía infrarroja en un drone comercial Phantom 4 y establecer un plan de mantenimiento”

Autores:

Aleaga Ramírez, Rodrigo Sebastián
Meza Salazar, Bryan Alexander

Director:

Msc. Iturralde Albán, Javier Hernán



AGENDA

- I** PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- II** MARCO TEÓRICO
- III** METODOLOGÍA
- IV** PROPUESTA
- V** ANÁLISIS DE RESULTADOS
- VI** CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

AGENDA

- I** PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- II** MARCO TEÓRICO
- III** METODOLOGÍA
- IV** PROPUESTA
- V** ANÁLISIS DE RESULTADOS
- VI** CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Planteamiento del Problema

Para garantizar la eficacia en el servicio se llevan a cabo tareas de mantenimiento en los elementos de la red.

En años recientes se ha implementado drones en las tareas de mantenimiento debido a la reducción de tiempo en las inspecciones.

Permiten un mayor control, precisión y prevención de riesgos para el personal de mantenimiento.

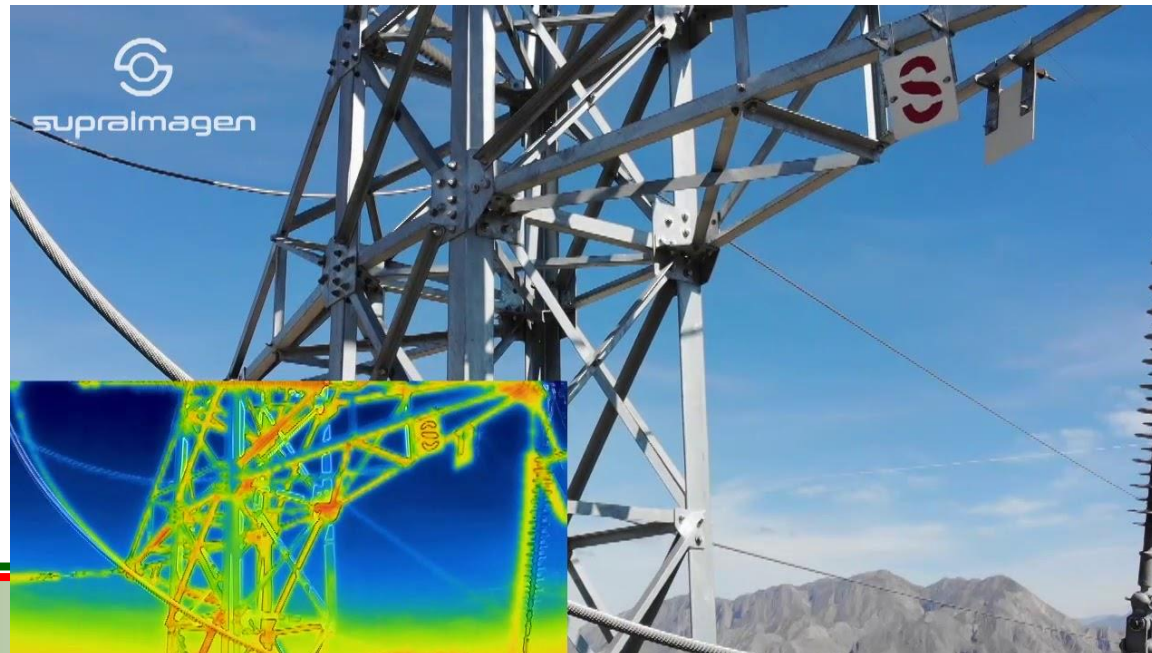


Antecedentes

Regulación N°
ARCERNNR – 002/20
señala que las empresas
eléctricas de distribución
deben asegurar la
calidad en el suministro
de electricidad.

La termografía permite
censar la temperatura de
diferentes objetos a una
distancia segura para el
operario.

Algunos drones disponen
cámaras termográfica
para realizar las tareas
de mantenimiento.



Justificación e Importancia



- Uno de los síntomas de la falla de algún componente es la presencia de puntos calientes.
- La EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A (ELEPCO S.A.), realiza inspecciones termográficas 2 veces al año, pero toma mucho tiempo ejecutar esta actividad.

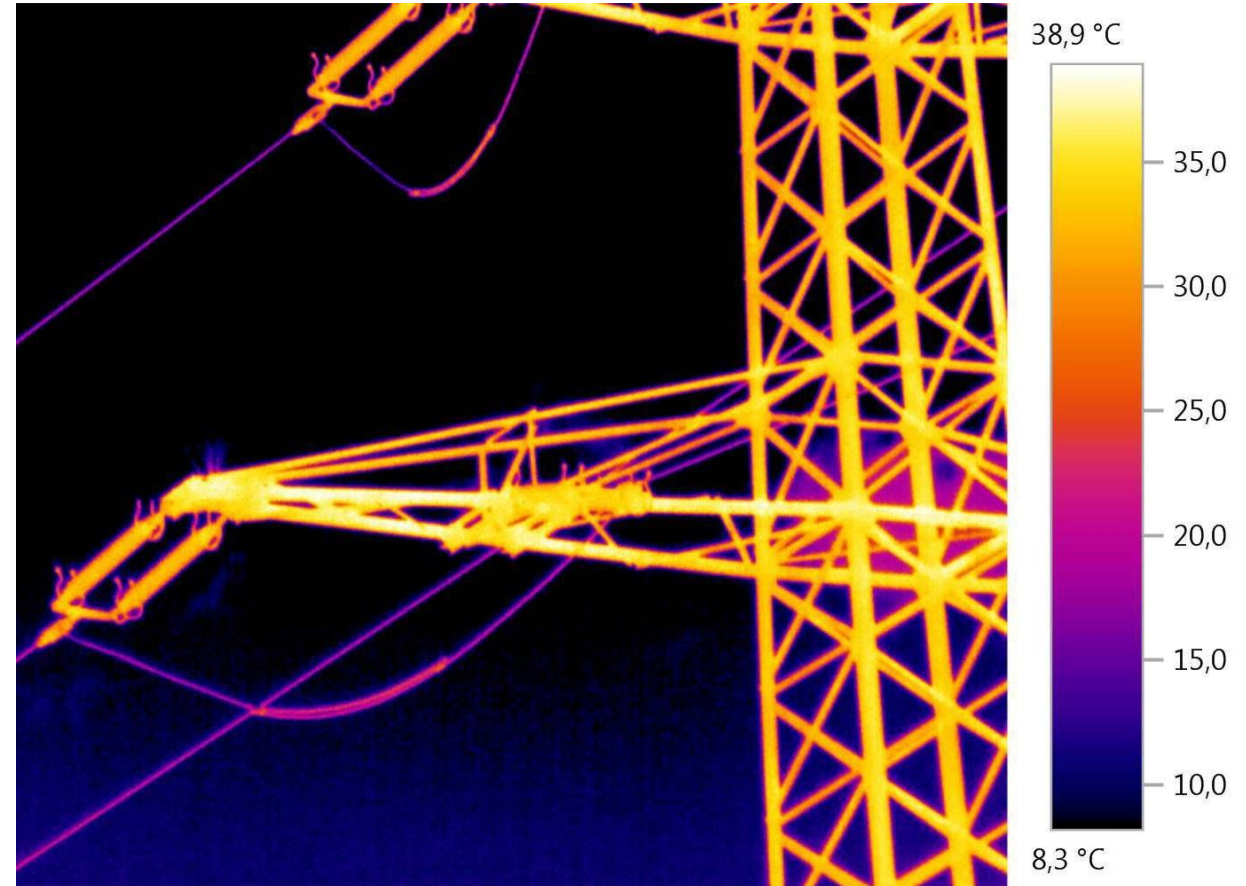
Objetivo General

Analizar puntos calientes en el alimentador N° 01CV13B1S4 – LATACUNGA SUR DE LA SUBESTACIÓN 01CV – EL CALVARIO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI (ELEPCO S.A.), mediante termografía infrarroja en un dron comercial Phantom 4 y establecer un plan de mantenimiento.



Objetivos Específicos

- Seleccionar una cámara termográfica.
- Diseñar un soporte para la cámara termográfica.
- Desarrollar un sistema de telecomunicaciones.
- Analizar la información recopilada para la identificación del diferencial de temperatura (ΔT).
- Analizar el tiempo empleado para la inspección termográfica.
- Realizar un plan de mantenimiento (RCM)



AGENDA

- I** PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- II** MARCO TEÓRICO
- III** METODOLOGÍA
- IV** PROPUESTA
- V** ANÁLISIS DE RESULTADOS
- VI** CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Sistemas Eléctricos de Potencia (S.E.P)

Medio Voltaje

13,8 kV

Alto Voltaje

(69kV)
(230 y 500kV)

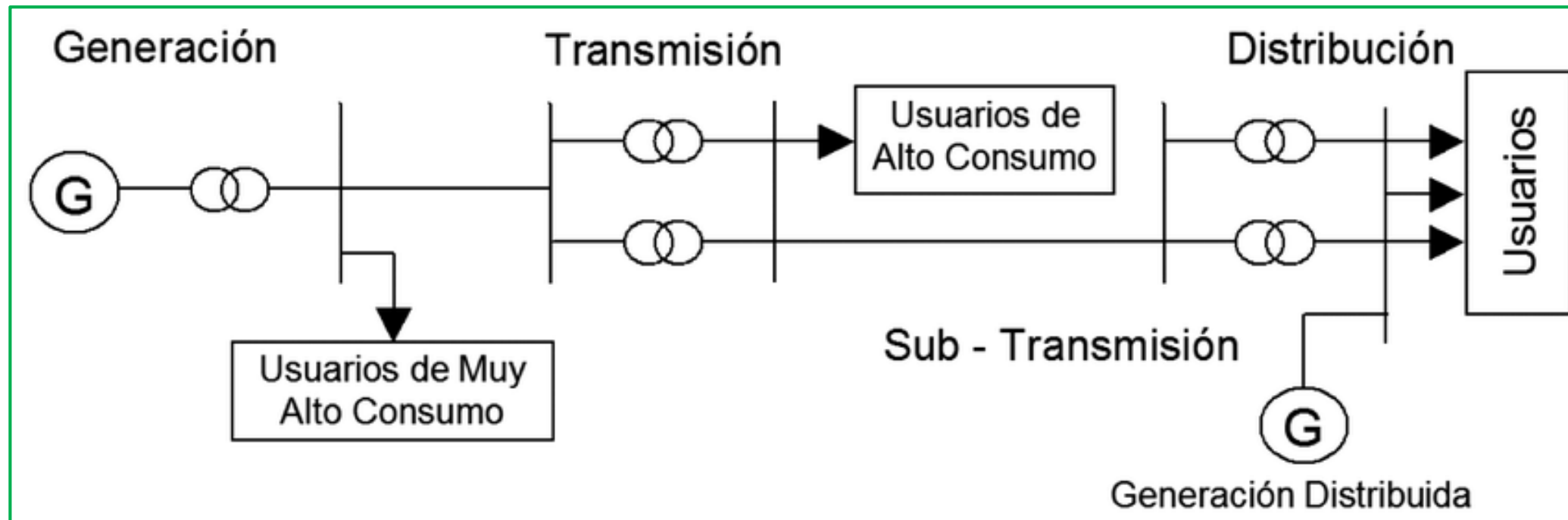
Medio Voltaje

(13,8kV)

Nivel de
Voltaje

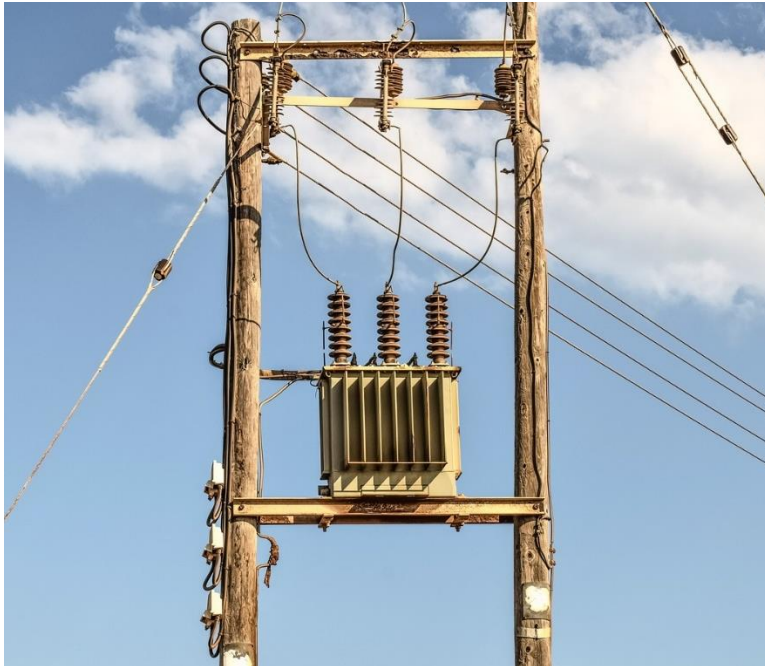
Bajo Voltaje

240/120 V



Sistemas Eléctricos de Transformación y Distribución

Trifásico



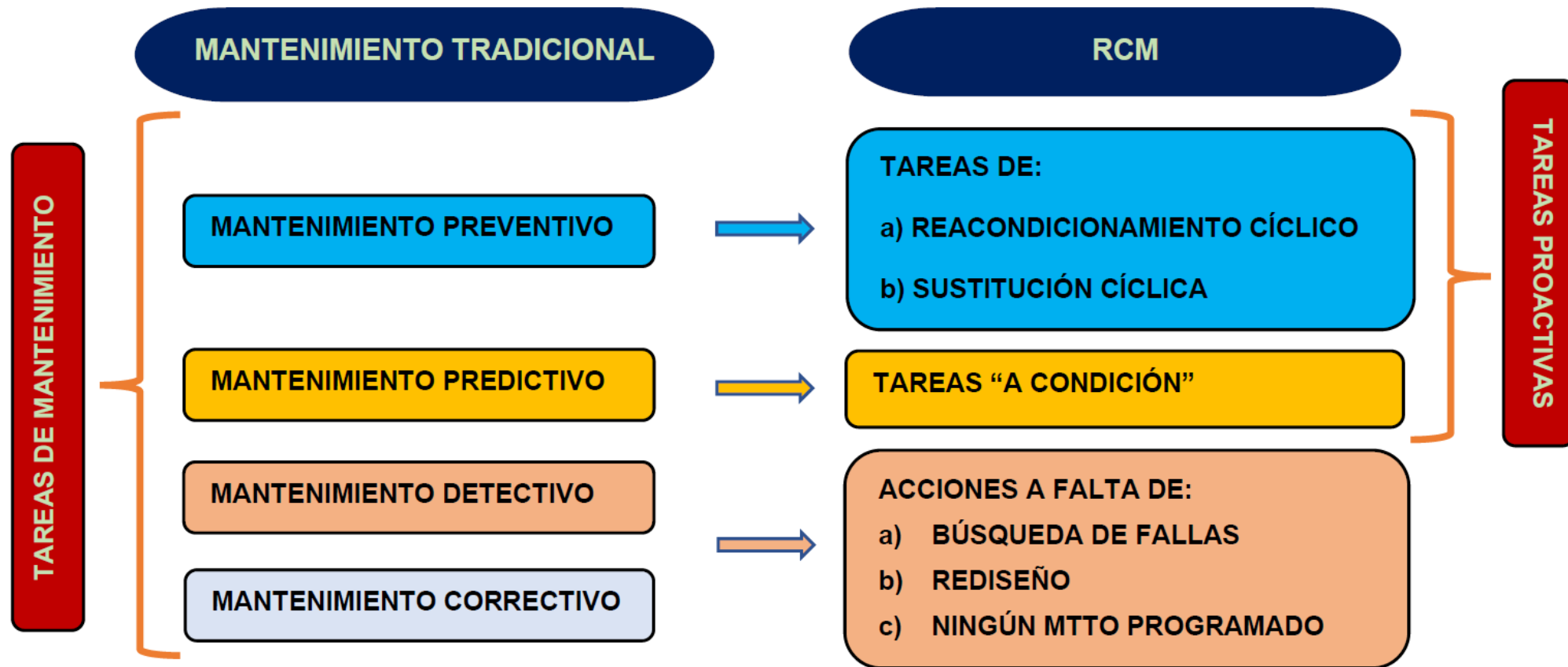
Monofásico



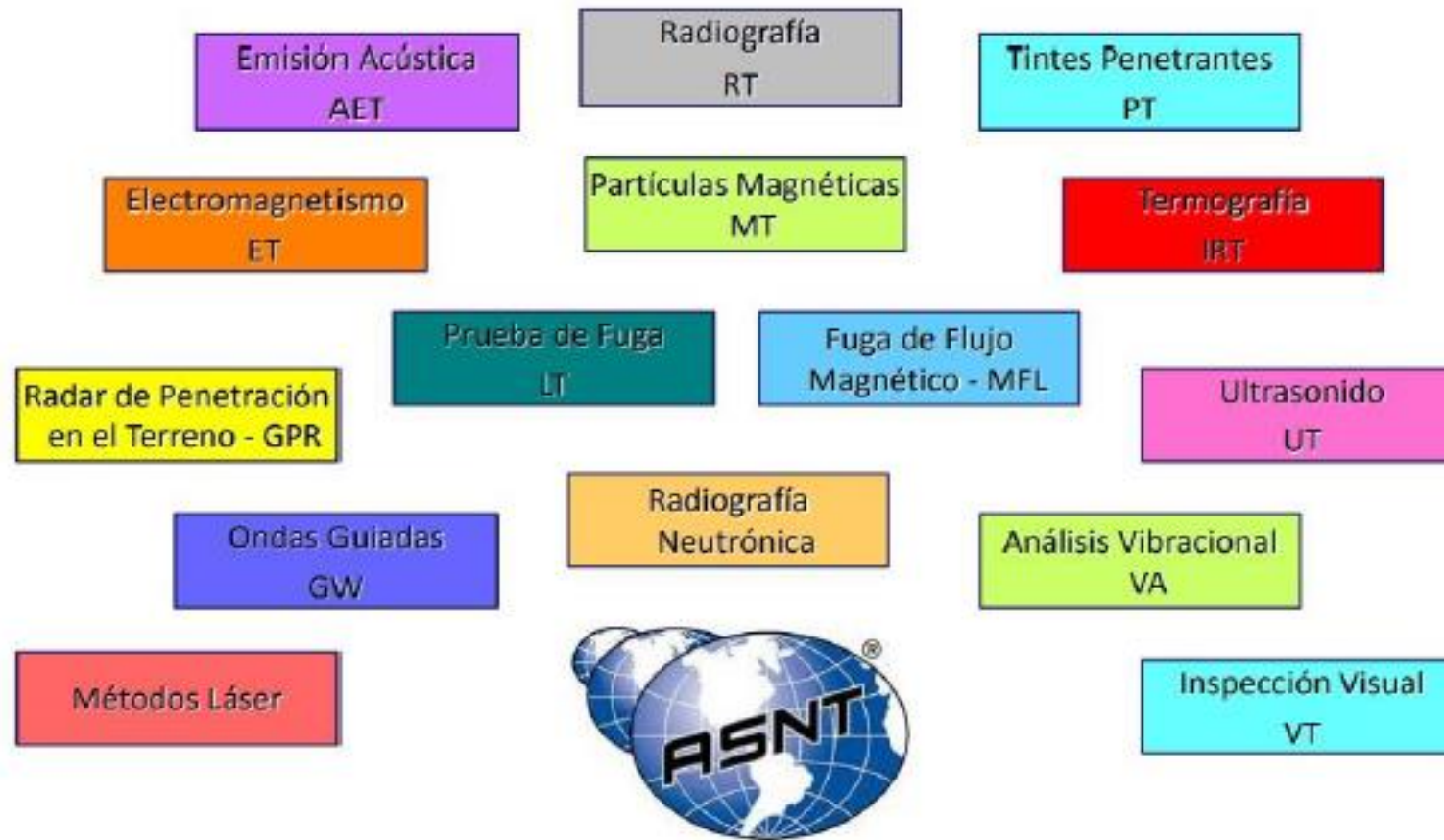
Activos Principales

1. Conector WEJTAP
2. Aislador de línea
3. Seccionador fusible
4. Transformador
5. Descargador DPS
6. Fusible NH
7. Conector dentado tipo estanco

Ingeniería de Mantenimiento



Ensayos no Destructivos



Certificación

Termografía Infrarroja

La termografía infrarroja es una técnica que permite obtener una imagen que representa la temperatura superficial de un objeto. Permite medir temperaturas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto, utilizando cámaras termográficas.



Transferencia de Calor

Transferencia de calor por conducción (Ley de Fourier)

$$\frac{Q}{A} = \frac{K(T_1 - T_2)}{L} \quad (1)$$

Donde:

$\frac{Q}{A}$: Razón de transferencia de calor a través de una barra por unidad de área (BTU/h-pie² ó w/m²)

L: Longitud de la barra (pies o metros)

T₁: Temperatura más alta (°F ó °C)

T₂: Temperatura más baja (°F ó °C)

K: Conductividad térmica del material de la barra (BTU/h-pie °F ó w/m-°k)

Transferencia de calor por convección

$$k = \frac{L}{R_t} \quad (3)$$

Donde:

h: Coeficiente convectivo de transferencia de calor (BTU/h-pie²-°F ó w/m²-°k)

T_s: Temperatura superficial

T[∞]: Temperatura de fluido libre

Transferencia de calor por radiación (Ley de Stefan- Boltzmann)

$$E = \sigma \cdot \varepsilon \cdot T^4 \quad (4)$$

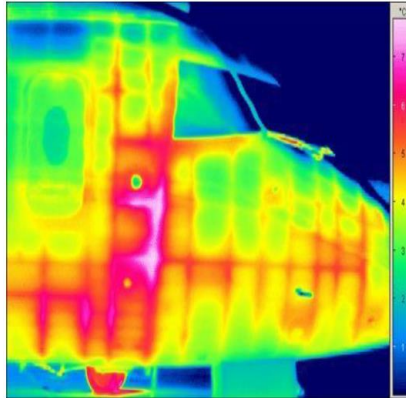
Donde:

σ : Constante de Stefan – Boltzmann, la cual tiene el valor de 5.673x10⁻¹² W/cm²k⁴ ó 5.673x10⁻⁸W/m²k⁴

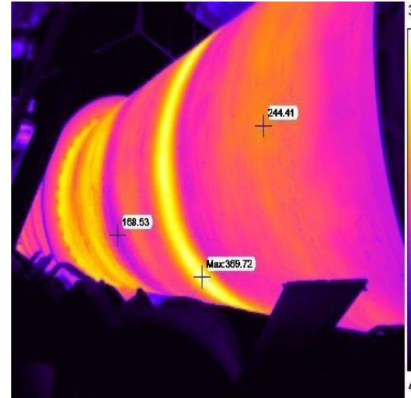
ε : Emisividad

T: Temperatura (°k)

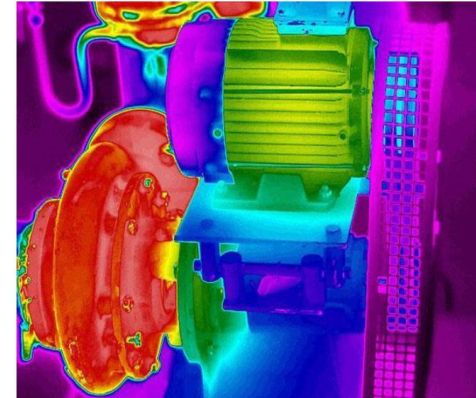
Termografía Infrarroja - Aplicaciones



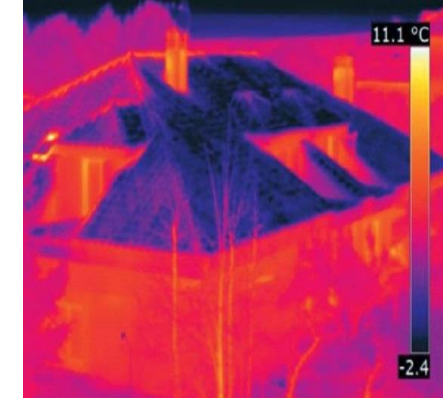
Aeronáutica



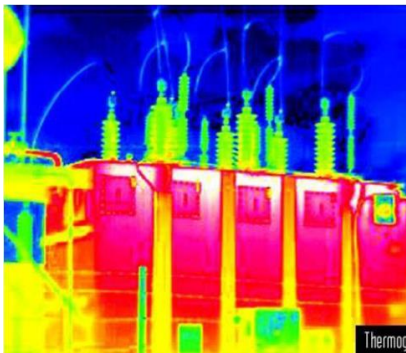
Aislamientos



Mecánica general



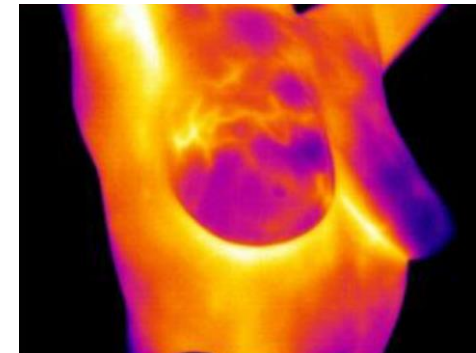
Estructuras



S.E.P



Nivel de tanques



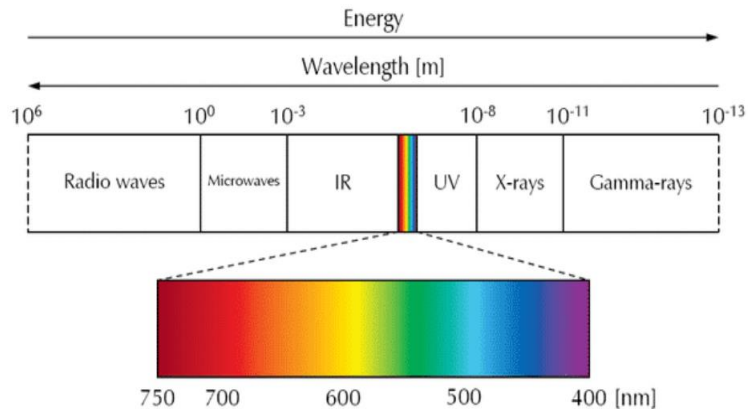
Medicina



Seguridad

Cámara Termográfica

Espectro electromagnético

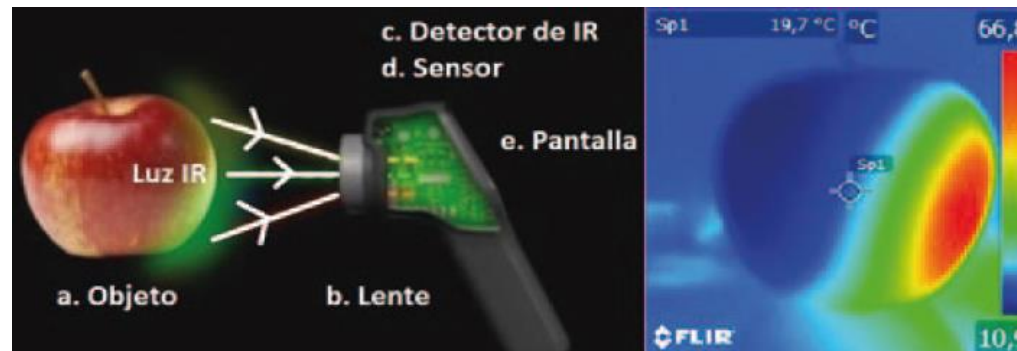
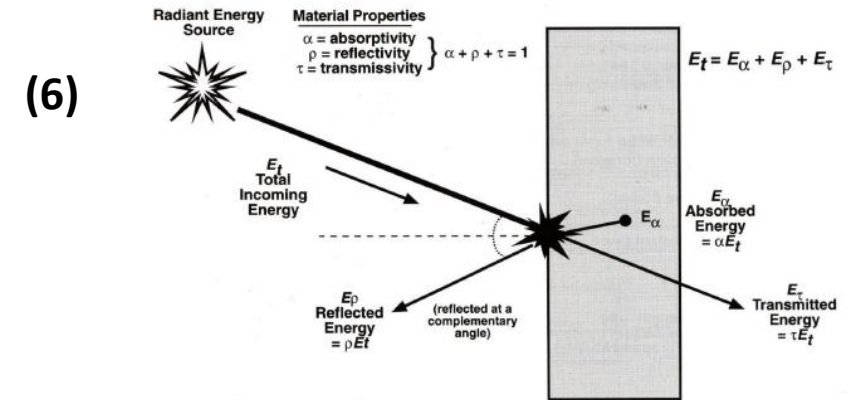


7,5 μm a 13,5 μm

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

Donde:
 α : Absortividad
 ρ : Reflectividad
 τ : Transmisividad

Ley de Kirchhoff



Cámara Flir I7

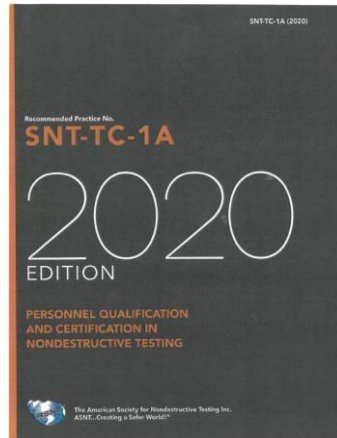
Drone



Un drone es una aeronave pilotada a distancia (Remotely Piloted Aircraft – RPA - UAV), el “piloto remoto” es quien monitorea la aeronave en todo momento y tiene responsabilidad directa de la conducción segura de la aeronave durante el vuelo.

Marco Regulatorio y Normativas Ecuatorianas e Internacionales

Práctica recomendada SNT-TC-1A edición 2020



Certificación

Regulación N°
ARCERNNR – 002/20



Resolución Nro. DGAC-
DGAC-2020-0110-R



Normativa ANSI/NETA
MTS-2011

AGENDA

- I** PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- II** MARCO TEÓRICO
- III** METODOLOGÍA
- IV** PROPUESTA
- V** ANÁLISIS DE RESULTADOS
- VI** CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Muestra

Tipo	Cantidad
Trifásico en Poste	66
Monofásico en Poste	218
Padmounted Trifásico Exterior	4
Padmounted Monofásico Exterior	1
Padmounted Trifásico en Cabina	5
Padmounted Monofásico en Cabina	3
TOTAL	297

$$n = \frac{N * Z_a^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_a^2 * p * q}$$

$$n = \frac{297 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.1^2 * (297 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 71,96 \approx 72 \text{ Transformadores}$$

Donde:

n : Tamaño de la muestra

N : Tamaño de la población

Z : Nivel de confianza

p : Probabilidad de que ocurra el evento estudiado

$(q=(1-q))$: Probabilidad de que no ocurra el evento

e : Error de estimación máximo aceptado

Técnicas de Recolección de Datos

Técnicas	Instrumentos
Análisis Documental:	Fuentes Bibliográficas Normativa Eléctrica Manual de Equipos Datos operativos del alimentador
Estudio de campo:	Observación directa Estudio termográfico Material fotográfico
Entrevista:	Guion de entrevista

Técnicas de Comprobación de Hipótesis

Acciones sugeridas según la norma ANSI/NETA

Diferencia de temperatura (ΔT) basado en comparaciones entre componentes similares bajo carga similar	Diferencia de temperatura (ΔT) basado en comparaciones entre componente y temperaturas del aire ambiente	Acción recomendada
1°C – 3°C	1°C – 3°C	Posible deficiencia; garantiza investigación
4°C – 15°C	11°C – 20°C	Indica probable deficiencia; reparar si el tiempo lo permite
-----	21°C – 40°C	Supervisar hasta que se puedan tomar medidas correctivas
>15°C	>40°C	Gran discrepancia; reparar inmediatamente

Acciones sugeridas según ELEPCO S.A.

Diferencia de temperatura (ΔT)		Tipo de problema	Acción recomendada
Bajo Voltaje	Medio Voltaje		
1°C – 9°C	1°C – 5°C	Leve	Observación
10°C – 29°C	6°C – 14°C	Medio	Programable
30°C – 49°C	15°C – 29°C	Severo	Lo antes posible
50°C – 69°C	30°C – 59°C	Crítico	Urgente
70°C – o más	60°C – o más	Extremo	Muy urgente

Criterios de selección según indicadores FMIK y TTIK

Indicadores de calidad de FMIK y TTIK

Índice	Red	Alimentador	
		Alta densidad	Baja densidad
FMIK	6.0	7.0	9.5
TTIK	8.0	10.0	16.0



Cumplimiento de índices Alimentador N° 01CV13B1S4 – Latacunga sur - año 2022

MES	KVA INSTALADO	TOTAL ÍNDICE	
	TOTAL	FMIK TOTAL	TTIK TOTAL
Ene	9.607,5	1,1347	0,2625
Feb	9.622,5	1,7901	0,5455
Mar	9.622,5	0,0083	0,0529
Abr	9.622,5	0,0083	0,0156
May	-	0	0
Jun	9.622,5	0,0405	0,0562
Jul	9.725,5	1,1498	0,9083
Ago	9.875,5	0,0038	0,0020
Sep	9.865,5	2,0182	1,4563
Oct	9.865,5	0,0015	0,0026
Nov	9.905,5	0,8889	0,0594
Dic	-	0	0
TOTAL		7,0441	3,3613

Registro y clasificación de interrupciones en el Alimentador

Distribuidora	Año móvil a mayo 2019		
	Sanciones por incumplimiento de los índices de calidad del servicio técnico de RED (USD)	Sanciones por incumplimiento de los índices de calidad del servicio técnico de ALIMENTADORES (USD)	TOTAL (USD)
CNEL-Bolívar	15.760	189.120	204.880
CNEL-El Oro	15.760	622.520	638.280
CNEL-Esmeraldas	15.760	748.600	764.360
CNEL-Guayaquil	-	63.040	63.040
CNEL-Guayas Los Ríos	15.760	1.048.040	1.063.800
CNEL-Los Ríos	15.760	598.880	614.640
CNEL-Manabí	7.880	386.120	394.000
CNEL-Milagro	15.760	693.440	709.200
CNEL-Sta. Elena	15.760	780.120	795.880
CNEL-Sto. Domingo	-	7.880	7.880
CNEL-Sucumbíos	15.760	354.600	370.360
Total CNEL EP	133.960	5.492.360	5.626.320
E.E. Ambato	-	204.880	204.880
E.E. Azogues	-	-	-
E.E. Centro Sur	7.880	220.640	228.520
E.E. Cotopaxi	7.880	157.600	165.480
E.E. Galápagos	15.760	189.120	204.880
E.E. Norte	15.760	488.560	504.320
E.E. Quito	-	63.040	63.040
E.E. Riobamba	15.760	457.040	472.800
E.E. Sur	-	141.840	141.840
Total Nacional	197.000	7.415.080	7.612.080

Cantidad de interrupciones - años móviles de enero 2021 a diciembre 2022

Catálogo Interrupción	Protección			Total
	Tirafusible	Disyuntor	Ninguna	
Choques de vehículos	4	1	1	
Descargas atmosféricas (Rayos)	2	-	-	
Estabil.Sist.Propio.Distrib.Con.Alt.Tec	2	4	-	
Falla de equipamiento, material y acces	1	1	1	
Daño o interferencia accidental por trabajos	-	1	-	
Viento fuerte (Materiales llevados por viento)	1	1	-	
Fauna	4	2	-	
Neblina / Lluvia / Granizo	-	-	-	43
Programadas (Ampliaciones / Mejoras)	-	-	-	
Falla humana	-	-	-	
Vegetación (sin incluir desbroce)	-	-	-	
Hurto / Vandalismo	-	-	-	
Programadas mantenimiento Prev/ Pred	-	-	-	
Otros	4	12	1	

Recorrido del Alimentador



AGENDA

- I** PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- II** MARCO TEÓRICO
- III** METODOLOGÍA
- IV** PROPUESTA
- V** ANÁLISIS DE RESULTADOS
- VI** CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Selección de Equipos

Selección del Drone

Detalles	Phantom 3	Phantom 4	DJI Matrice	DJI Matrice	DJI Matrice
	Standard	Advanced	600	100	DJI Mavic 2
Peso	1,2 kg ✓	1,3 g ✓	9,1 kg ✓	2,3 kg ✓	0,9 kg ✓
Carga Útil	0,3 kg ✗	0,5 kg ✓	6 kg ✓	1,3 kg ✓	82 g ✗
Autonomía de vuelo	25 min ✓	30 min ✓	38 min ✓	40 min ✓	29 min ✓
Distancia Max. de Transmisión	1 km ✓	7 km ✓	5 km ✓	3,5 km ✓	18 km ✓
Resistencia al Viento Max.	36 km/h ✗	36 km/h ✓	36 km/h ✓	36 km/h ✓	36 km/h ✗
Sistema anticolidión	Si ✓	Si ✓	Si ✓	Si ✓	Si ✓
Precio	\$ 800 ✓	\$1200 ✓	\$ 6400 ✗	\$ 3000 ✗	\$ 2600 ✗

Phantom 4 Advanced



Selección de Equipos

Selección de la Cámara Termográfica

Detalles	FLIR Vue		FLIR One		FLIR Duo		FLIR C5		Seek Thermal	
	Pro R	Pro	Pro	Pro	Pro R	Pro R	Pro R	Pro R	Pro R	Pro R
Peso	113.3 g	✓	36,5 g	✓	330 g	✓	190 g	✓	205 g	✓
Control Remoto	Si	✓	No	✗	Si	✓	No	✗	No	✗
Telemetría	Si	✓	No	✗	Si	✓	No	✗	No	✗
Resolución	640 * 512	✓	160 * 120	✗	336 * 256	✓	160 * 120	✗	320 * 256	✓
Térmica	Si	✓	No	✗	Si	✓	No	✗	No	✓
Radiometría	Si	✓	No	✗	Si	✓	No	✗	No	✓
Precio	\$ 4000	✗	\$ 500	✓	\$ 2400	✓	\$ 750	✓	\$ 550	✓

Flir Duo Pro R



Caracterización de Equipos

Phantom 4 Advanced



AERONAVE		CÁMARA	
Peso Total	1368 g	Sensor	1" CMOS
Tamaño diagonal	350 mm	Lente	FOV 84° 8,8 mm/24 mm
Máxima velocidad	S: 72 kph	Tasa de bits de video máxima	100Mbps
Resistencia máx. vel viento	10 m/s (36 km/h)	Foto	JPEG, DNG (RAW), JPEG + DNG
Tiempo máximo de vuelo	20 - 30 min	Video	MP4/MOV 4k
Rango de temperatura de funcionamiento	32°-104°F (0°-40°C)	Tarjetas SD compatibles	Micro SD: 128 GB
SISTEMA ANTICOLISIÓN		CONTROL REMOTO	
Sistema de visión	Hacia adelante y abajo	Frecuencia de operación	2.400 - 2.483 GHz (sin obstrucciones)
Rango de altitud	0 - 33 ft (0 - 10 m)	Distancia máxima	7 km (sin obstrucciones)

Flir Duo Pro R



Especificaciones Generales	
Sensor Infrarrojo	Microbolómetro VOx no refrigerado
Banda Espectral	7,5 – 13,5 micras
Sensibilidad Térmica	< 50 mK
Resolución Térmica	336 x 256
Velocidad de fotogramas	30 Hz
Sensor Térmico / FOV	13mm: 25°x 19°
Resolución Visible	4000 x 3000
FOV Sensor Visible	56° x 45°
Radiometría	
Precisión de la medición	+/- 5 C o 5 % en el rango de -25 °C a +135 °C +/- 20 C o 20 % en el rango de -40 °C a +550 °C

Caracterización de Equipos

Emisor Flysky - FS-T6



Especificaciones Generales

Canales	6
Rango de radiofrecuencia	2,4055-2,475 GHz
Potencia de radiofrecuencia	Menos de 20 dBm
Protocolo	AFHDS
Alarma de Alto Voltaje	Inferior a 9v
PS2/USB Port	PS/2 port PWM
Longitud de antena	26 mm
Voltaje de alimentación	12V DC - 1.5A
Peso	590 g
Tamaño	191 x 93 x 302 mm
Color	Plata
Certificado	CE, FCC

Receptor Flysky - FS-R6B



Especificaciones Generales

Canales	6
Radiofrecuencia	2,4 GHz
Protocolo	AFHDS
Distancia	>150m
Tipo de Antena	Antena Incorporada
Voltaje de alimentación	4 – 6,5 VCC
RSSI	No
Temperatura	0°C – 60 °C
Humedad	20% - 95%
Actualizar línea	No
Tamaño	45 x 23 x 13 mm
Peso	13 g
Certificado	CE, FCC

Caracterización de Equipos

Gafas de video EACHINE - EV800DM



Pantalla

Tamaño	5 pulgadas
Resolución	800*480
Brillo de la pantalla	600cd/m2 con luz de fondo especial de alto brillo LED para FPV al aire libre
Ángulo de visión	140/120 grados (Horizontal/Vertical)

Batería

Batería	200W
Potencia de carga	10W
Baterías complementarias	0,5 A/celda máx.

Cuerpo

Dimensiones	180x145x82mm
Peso	349g con batería de 2000mAh

VTX –BETA FPV - M02 25-350mW

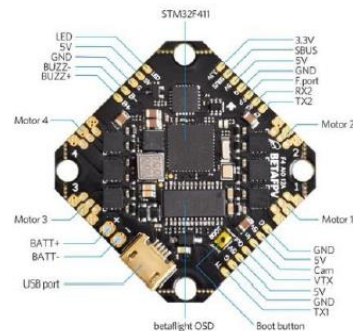


Especificaciones Generales

Frecuencia	5,8 GHz 37 canales
Potencia de salida	25, 100, 200, 350 mW (adjustable)
Voltaje de alimentación	4,5 – 5,5 V
SEL de canal	Smart Audio
Tipo de modulación	FM
Estabilidad de frecuencia	±100KHz
Precisión de frecuencia	±200KHz
Control de frecuencia	PLL
Antena	Sí (antena ZRC)
Dimensiones	14 x 18 mm

Caracterización de Equipos

IMU - BETAFPV Toothpick F4



Especificaciones Generales

Versión de Firmware	Betaflight MATEKF411 (MK41)
OSD	BetaFlight OSD integrado
Soporte de receptores	Frsky XM/XM +, Futaba, Flysky, TBS Crossfire
Corriente de entrada	12 A
Voltaje de alimentación	2S – 4S Lipo
Pico de Corriente	15 A
Peso Neto	6,2 g
Conector	XT30
Dimensiones	32,5 x 32,5 mm

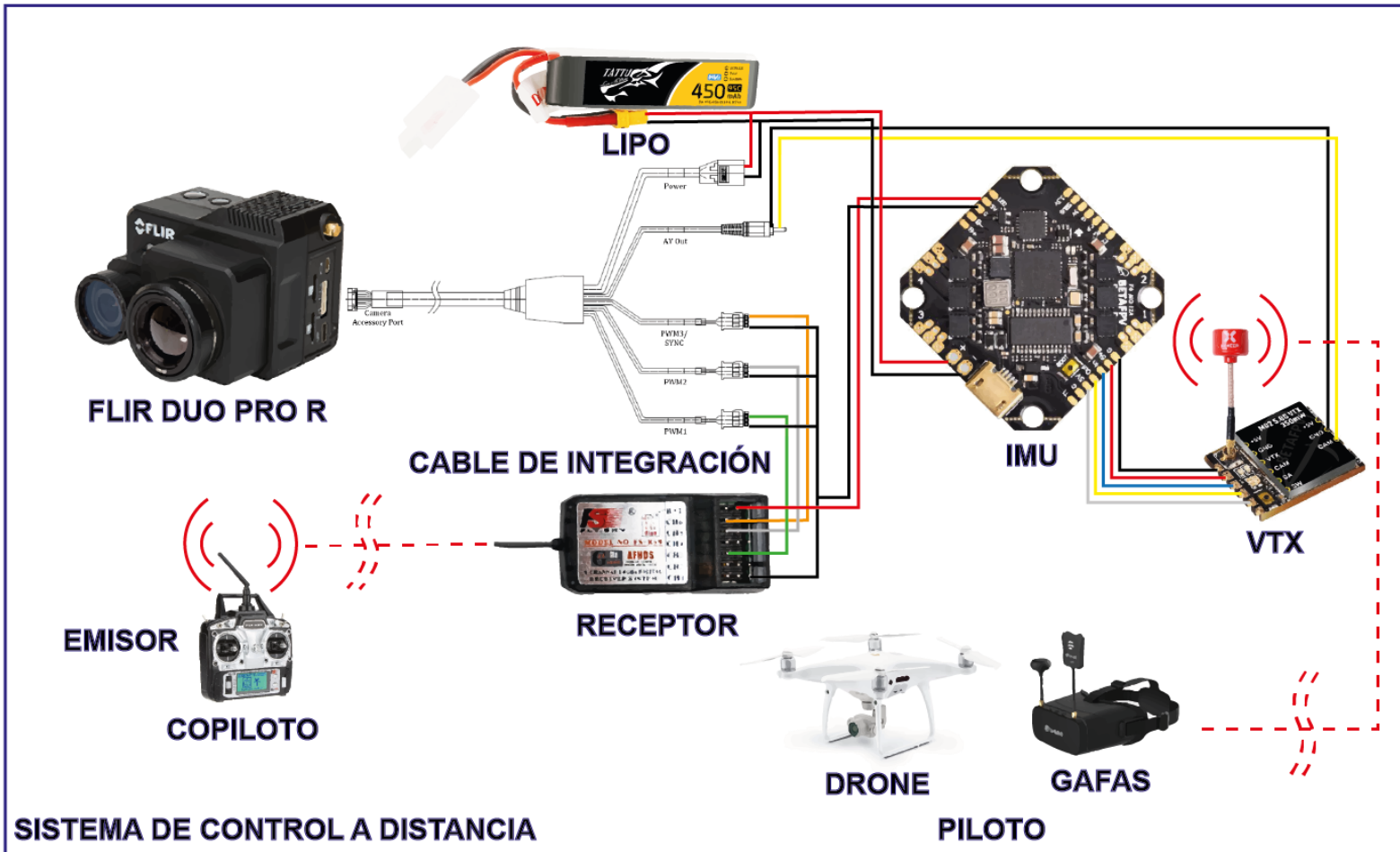
Batería Lipo TATTU 450mAh 2S



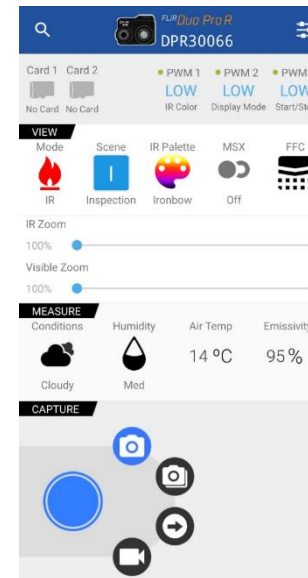
Especificaciones Generales

Tipo	Lipo (Litio - Polímero)
Celdas	2S (Dos celdas)
Capacidad	450 mAh
Capacidad de potencia	3,42 Wh
Voltaje	7,6 V
Índice de descarga	95 C (Cargas)
Peso Neto	29 g
Conector	XT30
Dimensiones	65 x 16,2 x 14,7 mm
Estándar Internacional de Seguridad	Sí (ISO9001 y ISO14001)

Control a Distancia de la Cámara Termográfica



FLIR UAS 2



UAV FORECAST



Entrada PWM	Función	Estados	Switch en emisora
PWM 1	Zoom Infrarrojo	3	Joystick izquierdo
PWM 2	Modo de visión	2	SWB
PWM 3	Capturar imagen	2	SWA

Detalles	Peso Neto		Refrigeración natural		Reducción de vibraciones		Ángulo variable	
Prototipo 1 	168g	✗	Si	✓	No	✗	No	✗
Prototipo 2 	91 g	✗	Si	✓	No	✗	No	✗
Prototipo 3 	81 g	✗	Si	✓	No	✗	No	✗
Prototipo 4 	74 g	✗	Si	✓	Si	✓	Si	✓
Prototipo 5 	68 g	✗	Si	✓	Si	✓	Si	✓
Prototipo 6 	46 g	✗	Si	✓	Si	✓	Si	✓
Prototipo 7 	39 g	✓	Si	✓	Si	✓	Si	✓
Prototipo 8 	28 g	✓	Si	✓	Si	✓	Si	✓

Diseño de Soporte



Test de Vuelo

Peso máximo



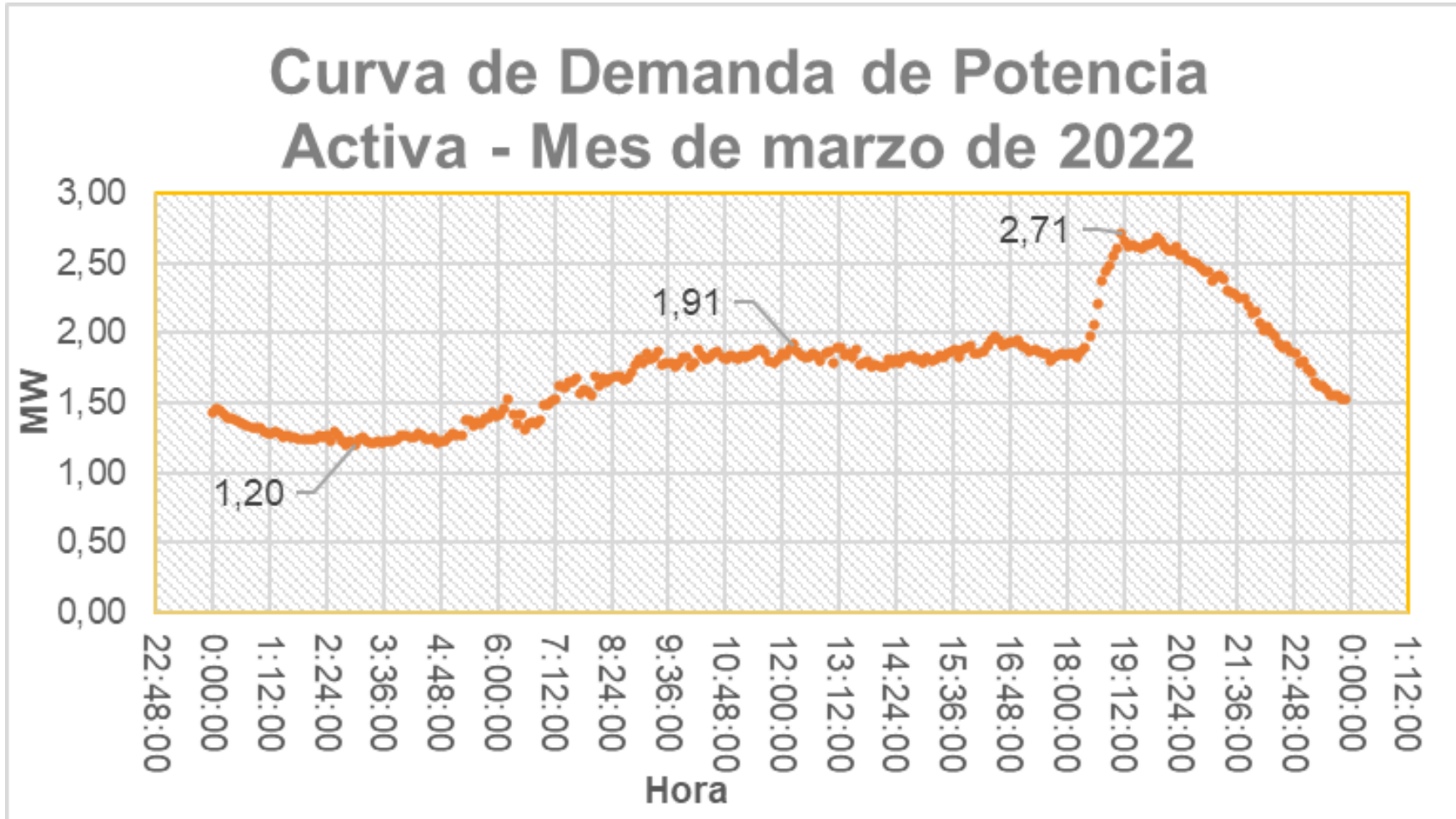
Control a distancia



Imagen térmica



Análisis de Curva de Demanda

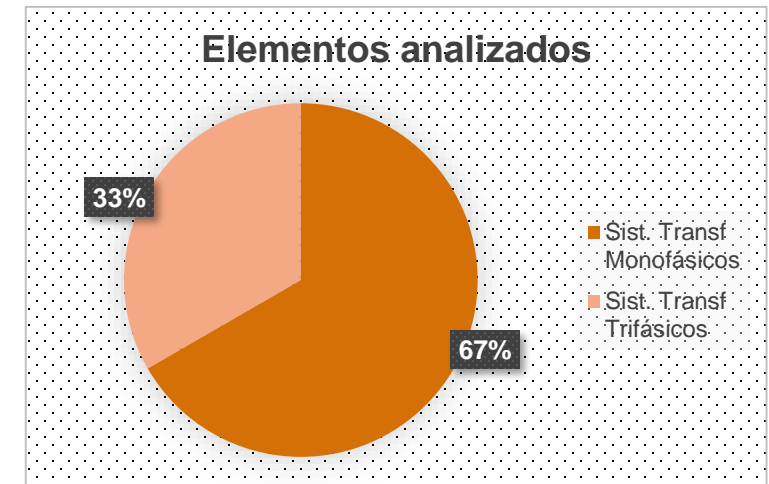


AGENDA

- I** PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- II** MARCO TEÓRICO
- III** METODOLOGÍA
- IV** PROPUESTA
- V** ANÁLISIS DE RESULTADOS
- VI** CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

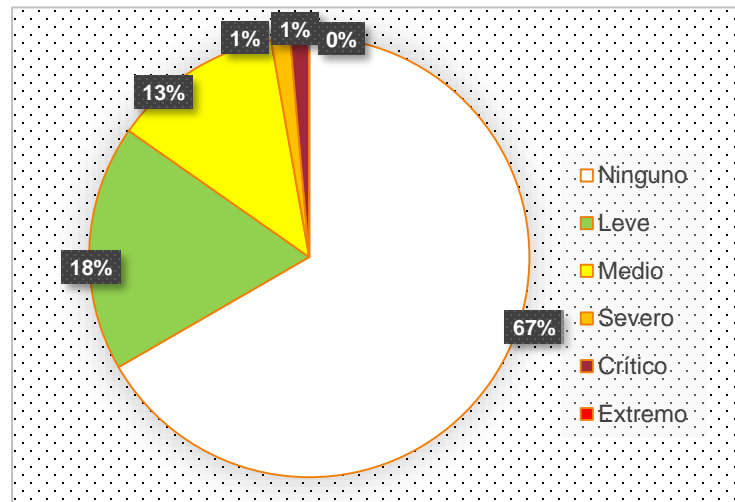
Elementos analizados en el Alimentador 4 – Latacunga Sur

Detalle	Cantidad	Porcentaje
Sistemas de transformación y distribución monofásicos	48	66,67 %
Sistemas de transformación y distribución trifásicos	24	33,33 %
Total de elementos	72	100 %



Interpretación de severidad de acuerdo a ELEPCO S.A.

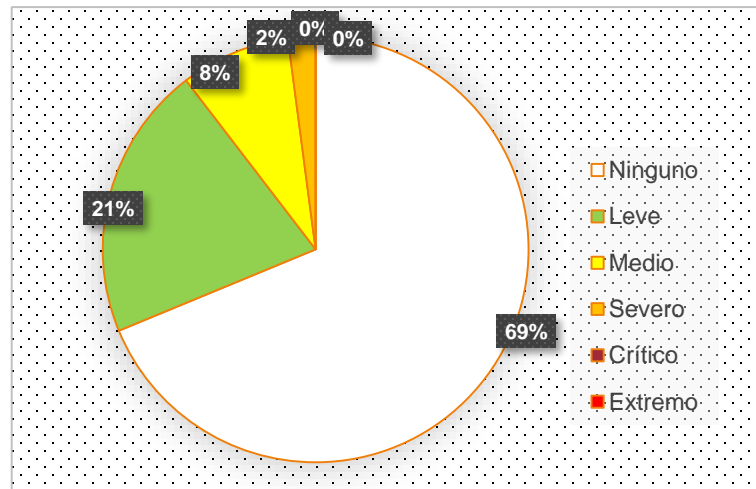
Tipo de problema	Acción recomendada	Cantidad	Porcentaje
Ninguno	No aplica	48	66,67 %
Leve	Observación	13	18,06 %
Medio	Programación	9	12,50 %
Severo	Lo antes posible	1	1,39 %
Crítico	Urgente	1	1,39 %
Extremo	Muy urgente	0	0 %
Total de elementos		72	100 %



Clasificación de severidad de acuerdo a ELEPCO S.A.

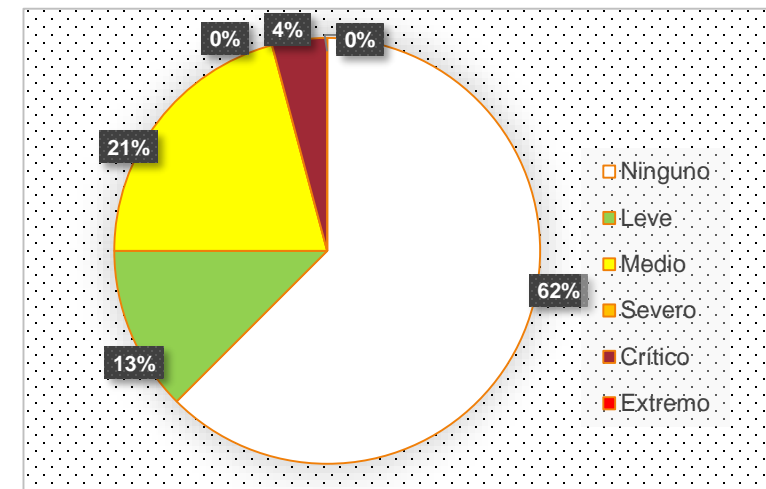
Sistemas monofásicos

Tipo de problema	Acción recomendada	Cantidad	Porcentaje
Ninguno	No aplica	33	68,76 %
Leve	Observación	10	20,83 %
Medio	Programación	4	8,33 %
Severo	Lo antes posible	1	2,08 %
Crítico	Urgente	0	0 %
Extremo	Muy urgente	0	0 %
Total de elementos		48	100 %



Sistemas trifásicos

Tipo de problema	Acción recomendada	Cantidad	Porcentaje
Ninguno	No aplica	15	62,50 %
Leve	Observación	3	12,50 %
Medio	Programación	5	20,83 %
Severo	Lo antes posible	0	0 %
Crítico	Urgente	1	4,17 %
Extremo	Muy urgente	0	0 %
Total de elementos		24	100 %

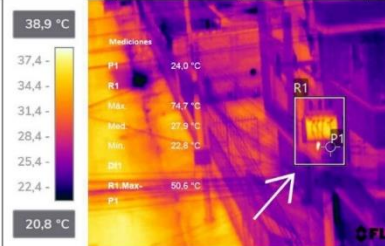


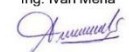


Informes termográficos

Sistemas monofásicos

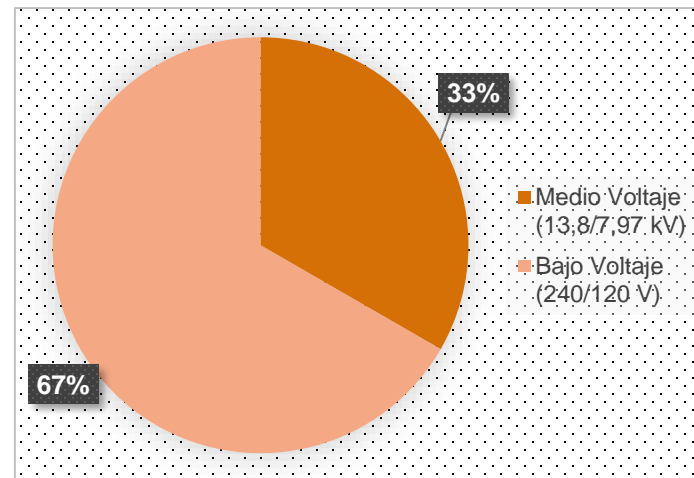
INFORME DE TERMOGRAFÍA CORRESPONDIENTE AL MES DE MARZO DEL 2023 – ALIMENTADOR 01CV13B1S4 - LATACUNGA SUR						
Fecha de inspección: 09/03/2023 Hora de inspección: 10:31 Reporte termográfico N°: 5 Entidad evaluadora: ESPE Nombre empresa: ELEPCO		Salida: 4 Latacunga Sur – S/E El Calvario Operador Drone: Bryan Meza Operador Cámara: Sebastián Aleaga Equipo Drone: Phantom 4 Advanced Equipo cámara: Flir Duo Pro R (336 x 256)		Ubicación: Av. Rumiñahui y Av. Roosevelt Coordenadas UTM X: 766.027,461 Y: 9.896.242,747		
Sistema / Nivel voltaje (kV)	Descripción del equipo con anomalía	Número de transformador	Capacidad (kVA)	Código estructura	Número de Poste	Componente con anomalía
Distribución / 7,97	Transformador monofásico	8148	15	1C15T	51942	Descargador DPS
						
<p>Humedad relativa (%)</p> <p>Baja < 30</p> <p>Distancia de medición (m)</p> <p>3,0</p> <p>Emisividad</p> <p>0,95</p>		<p>Grado de severidad</p> <p>Severo (Grado 3)</p>				
<p>Temperatura máxima °C</p> <p>32,8</p>		<p>Descripción: El área R1 presenta un incremento de temperatura considerable con respecto a la temperatura ambiente</p>				
<p>Temperatura ambiente °C</p> <p>15,7</p>		<p>Possible causa de la anomalía: Contacto deficiente entre conductor, conector y descargador por causas varias</p>				
<p>Temperatura de referencia °C</p> <p>15,7</p>		<p>Recomendación o acción a seguir: Limpiar superficies de unión y asegurar un buen contacto entre el conductor, conector y descargador – Reemplazo de elementos defectuosos</p>				
<p>ΔT °C</p> <p>15,3</p>		<p>Acciones: Realizar las medidas correctivas requeridas de acuerdo al plan de mantenimiento</p>				
<p>Elaborado por: Bryan Meza</p> 		<p>Revisado por: Ing. Iván Mena</p> 				

Sistemas trifásicos

INFORME DE TERMOGRAFÍA CORRESPONDIENTE AL MES DE MARZO DEL 2023 – ALIMENTADOR 01CV13B1S4 - LATACUNGA SUR						
Fecha de inspección: 10/03/2023 Hora de inspección: 10:40 Reporte termográfico N°: 14 Entidad evaluadora: ESPE Nombre empresa: ELEPCO		Salida: 4 Latacunga Sur – S/E El Calvario Operador Drone: Bryan Meza Operador Cámara: Sebastián Aleaga Equipo Drone: Phantom 4 Advanced Equipo cámara: Flir Duo Pro R (336 x 256)		Ubicación: Av. Roosevelt Y C. Pichincha Coordenadas UTM X: 765.988,019 Y: 9.896.120,610		
Sistema / Nivel voltaje (kV)	Descripción del equipo con anomalía	Número de transformador	Capacidad (kVA)	Código estructura	Número de Poste	Componente con anomalía
Distribución / 13,8	Transformador trifásico	1390	75	3C75T	52011	Fusible NH – Fase A
						
<p>Humedad relativa (%)</p> <p>Bajo < 30</p> <p>Distancia de medición (m)</p> <p>4,5</p> <p>Emisividad</p> <p>0,95</p>		<p>Grado de severidad</p> <p>Crítico (Grado 4)</p>				
<p>Temperatura máxima °C</p> <p>74,7</p>		<p>Descripción: El área R1 presenta un incremento de temperatura significativo con respecto a P1</p>				
<p>Temperatura ambiente °C</p> <p>17,5</p>		<p>Possible causa de la anomalía: Contacto deficiente entre el conductor y base del fusible NH por causas varias</p>				
<p>Temperatura de referencia °C</p> <p>24,0</p>		<p>Recomendación o acción a seguir: Limpiar superficies de unión y asegurar un buen contacto entre el conductor la base del fusible NH – Reemplazo de elementos defectuosos</p>				
<p>ΔT °C</p> <p>50,6</p>		<p>Acciones: Realizar las medidas correctivas requeridas de acuerdo al plan de mantenimiento – Estudiar la posibilidad de detener el suministro de energía para corregir el problema</p>				
<p>Elaborado por:</p> 		<p>Revisado por: Ing. Iván Mena</p> 				

Clasificación de fallos de acuerdo al Nivel de Voltaje

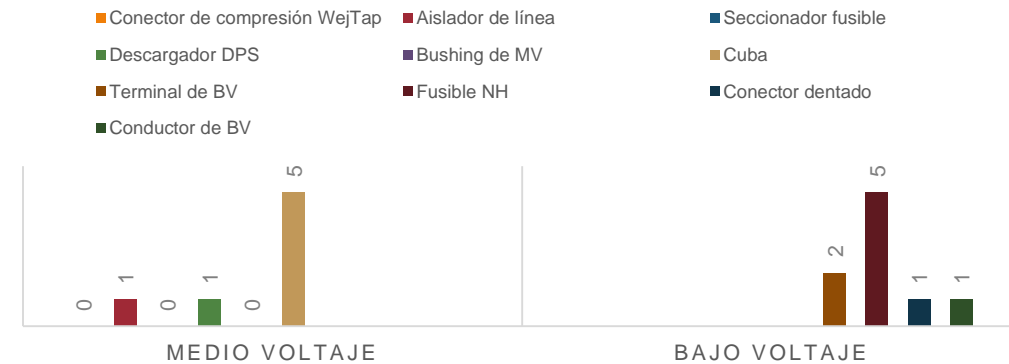
Detalle	Cantidad	Porcentaje
Medio Voltaje (13,8/7,97 kV)	10	33,33 %
Bajo Voltaje (240/120 V)	20	66,67 %
Total de elementos	30	100 %



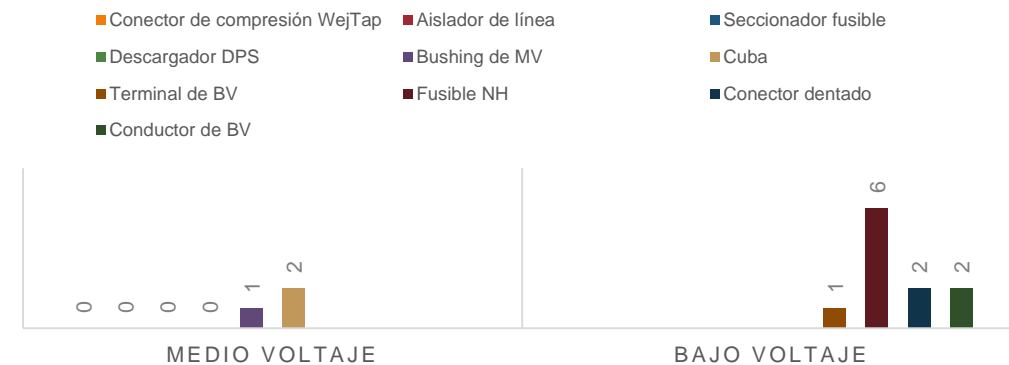
Clasificación de fallos por Tipo de Elemento

	Sistemas de Transformación y Distribución	Cantidad		Total
		Monofásicos	Trifásicos	
Medio Voltaje	Conector de compresión WejTap	0	0	10
	Aislador de línea	1	0	
	Seccionador fusible	0	0	
	Descargador DPS	1	0	
	Bushing de MV	0	1	
	Cuba	5	2	
Bajo Voltaje	Terminal de BV	2	1	20
	Fusible NH	5	6	
	Conector dentado	1	2	
	Conductor de BV	1	2	

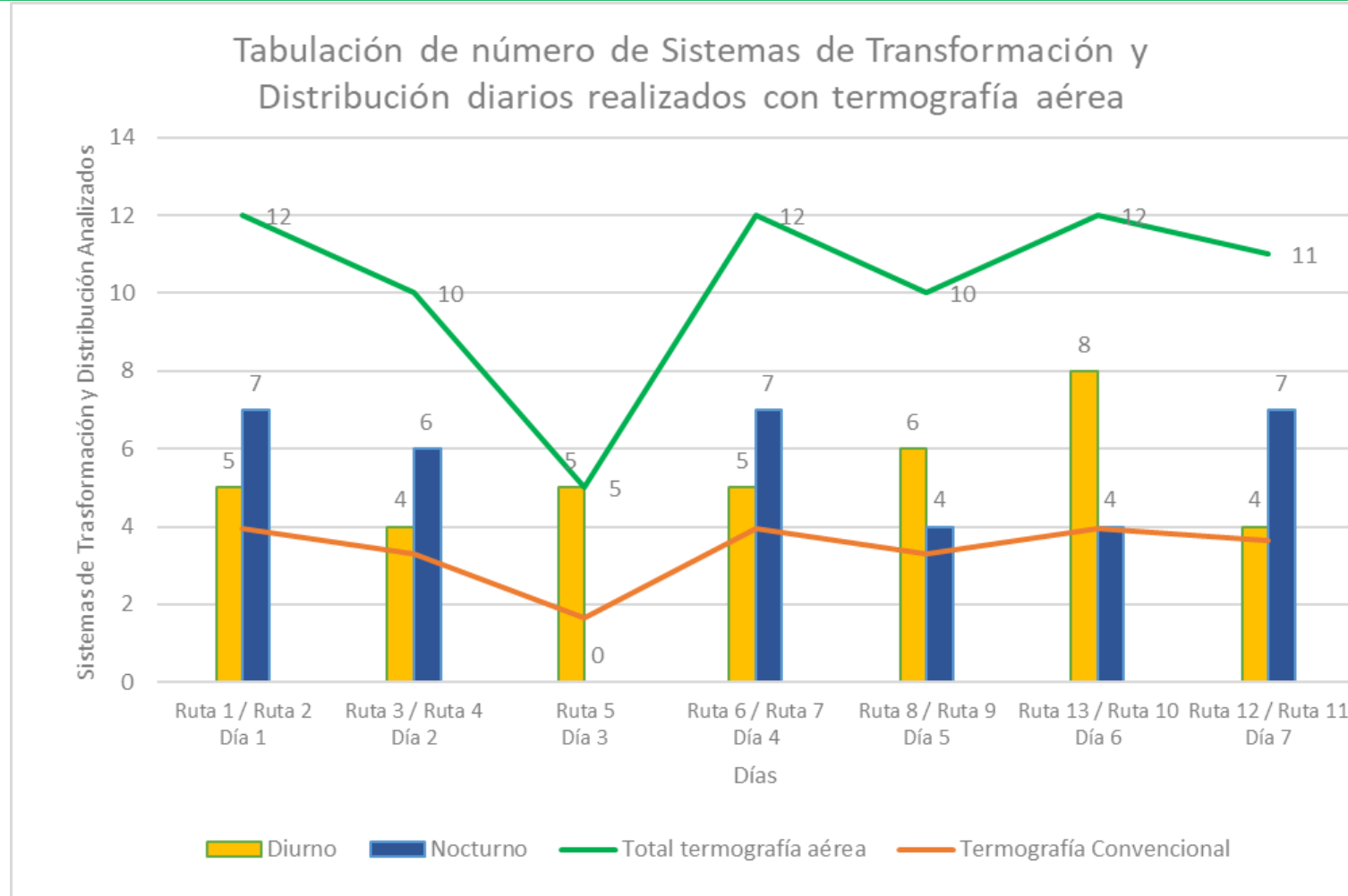
Fallos por Tipo de Elemento en sistemas monofásicos



Fallos por Tipo de Elemento en sistemas trifásicos



Interpretación de tiempo de inspección termográfica



AGENDA

- I** PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- II** MARCO TEÓRICO
- III** METODOLOGÍA
- IV** PROPUESTA
- V** ANÁLISIS DE RESULTADOS
- VI** CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se analizaron puntos calientes en el alimentador N° 01CV13B1S4 – LATACUNGA SUR mediante termografía aérea instalada en un drone Phantom 4 Advanced, obteniendo como resultado una cifra de 33,34 % de elementos con fallos, de una muestra de 72 Sistemas de Transformación y Distribución, tanto monofásicos y trifásicos.
- Se seleccionó una cámara termográfica de la marca FLIR y su modelo Duo Pro R resultó el más óptimo para el desarrollo del proyecto, este dispositivo pesa 330 g, posee una resolución media – alta de 336 x 256 px en su sensor termográfico y una resolución 4k en su sensor visible, además de tener características esenciales de telemetría, control a distancia y radiometría esta cuenta con dos cámaras.
- Se diseñó un soporte mediante el uso del software Blender, buscando que la estructura tenga poco peso, específicamente de 28 gramos ubicado en el centro de gravedad del drone, evitando así dificultades durante el vuelo y brindando la resistencia adecuada para el sistema de transmisión de datos. El diseño final fue elaborado con impresión 3D en material PETG, teniendo así, un dispositivo que sujete adecuadamente la cámara térmica y demás elementos al drone.

Conclusiones

- La telecomunicación resultó ser un parámetro fundamental entre los operadores, el drone y la cámara termográfica, se la realizó por medio de un emisor Flysky modelo FS-T6, para controlar señales PWM que permiten al copiloto recoger la evidencia fotográfica y al piloto contar con transmisión de video térmico y visible a través del transmisor de video VTX - BETAFPV M02 instalado en la cámara termográfica y observar por medio de las Gafas de video EACHINE - EV800DM.
- El análisis termográfico permitió elaborar 72 informes, de los cuales 48 son de sistemas monofásicos (con un 31,24 % de elementos con fallas) y 24 de sistemas trifásicos (con un 37,50 % de elementos con fallas), teniendo así un similar número de elementos con problemas entre ambos sistemas.
- La interpretación de severidad de acuerdo al nivel de voltaje reveló que los sistemas que presentan más problemas son los de BV con un 66,67 % de elementos con fallas en comparación al 33,33 % de sistemas de MV, evidenciando así que el nivel de voltaje de 13,8 kV es más seguro ante problemas de aumento de temperatura.

Conclusiones

- La interpretación de severidad por tipo de elemento demuestra que los elementos que más sufren problemas por incremento de temperatura son, para MV el elemento Cuba del transformador y en BV el elemento Fusible NH (elemento que tiene el mayor diferencial de temperatura siendo $\Delta T=50,60$ °C), con la distinción de que los sistemas trifásicos presentan una reducción significativa de fallos en MV teniendo solo 3 fallos a diferencia de los sistemas Monofásicos que tienen un total de 7 fallos.
- Los datos proporcionados por el personal del Departamento de Mantenimiento de ELEPCO S.A. por medio de la entrevista evidenciaron que el tiempo empleado para una inspección de un Sistema de Transformación y Distribución es de mínimo 10 minutos, mientras que el empleo de termografía aérea reduce en un 66,67 % el tiempo de inspección, siendo de 3 minutos en promedio.
- El calendario de mantenimiento se ha diseñado de tal manera que las tareas propuestas para los activos del sistema son cumplidas durante todo el año en un periodo de entre una y dos semanas. Entre las acciones a tomar están: la limpieza de los terminales, revisiones termográficas y el reemplazo de los equipos, siendo la termografía aérea la mejor opción para realizar estas actividades en comparación a los métodos convencionales.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Recomendaciones

- Para la realización de proyectos similares se sugiere la selección de una cámara que tenga poco peso, debido a que se debe evitar que el dron realice un esfuerzo elevado durante el despegue, además que dificulta su estabilidad en el aire si el peso extra no se coloca en el centro de gravedad.
- Se recomienda el uso de una placa controladora IMU la misma dispone de filtros de corriente que serán necesarios para la correcta alimentación de los dispositivos de comunicación ya que trabajan con corrientes elevadas y requieren de un medio que regule los picos de corriente adecuadamente.
- Se recomienda que exista una comunicación constante entre el equipo de estudio y la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi (ELEPCO S.A.), para que se informe de manera oportuna la presencia de los fallos en los elementos analizados y se puedan tomar las acciones correctivas inmediatamente.
- Se recomienda establecer dos horarios de inspecciones termográficas, unos por la mañana a partir de las 09:00 am y otro por la tarde, pasado las 18:30 pm donde se tiene la hora pico de demanda en la red.

GRACIAS

