



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Análisis del sistema eléctrico de bajo voltaje de la empresa “Qaray Alimentos” para determinar condiciones de operación asociados al proceso productivo.

**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Ingeniería en Electromecánica**

**Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de ingeniero en
Electromecánica**

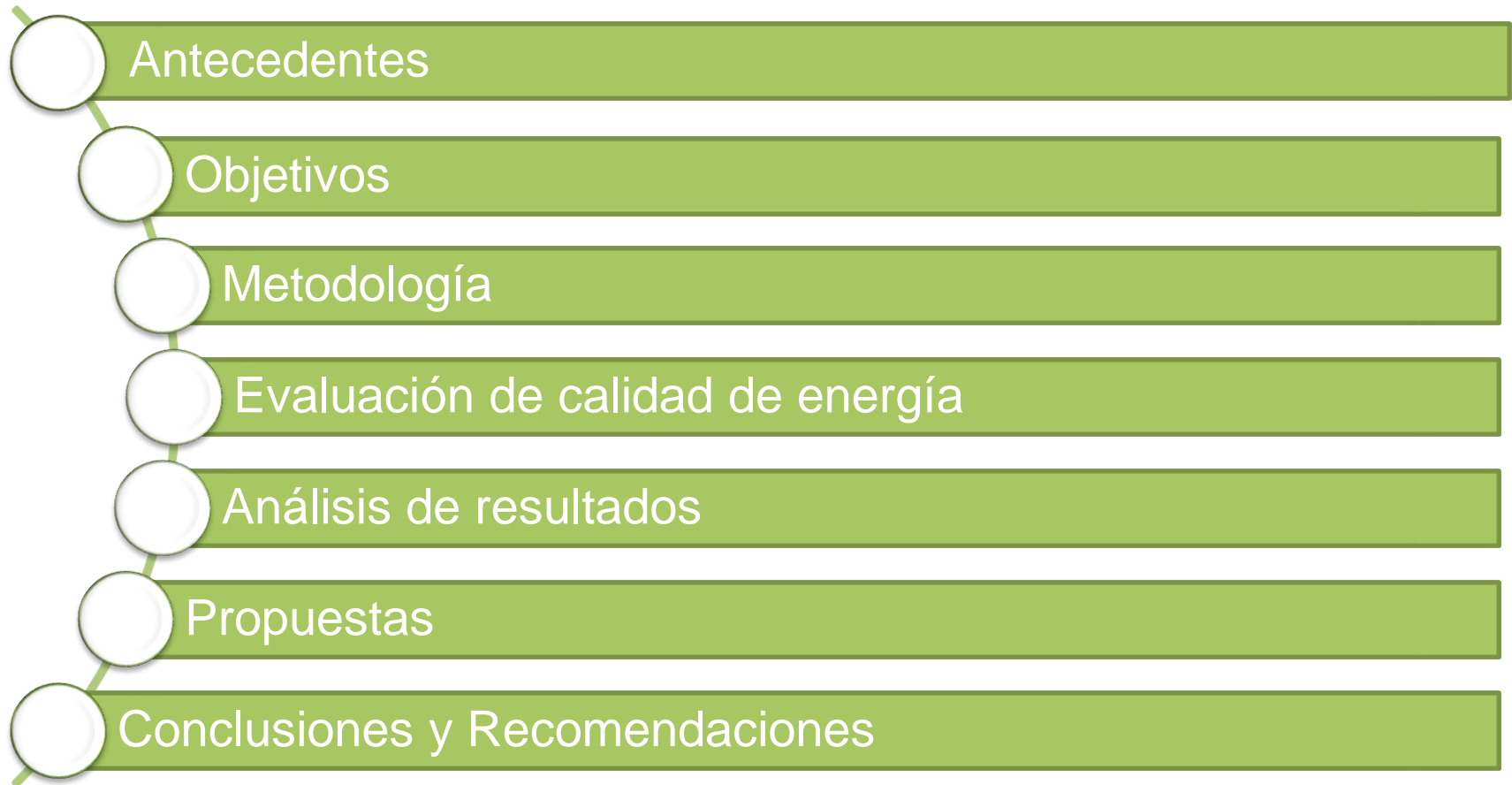
Autora: Quinapanta Tenelema, Vanessa Estefanía

Director: Ing. Freire Llerena, Washington Rodrigo

Latacunga, 2023



AGENDA



En el Ecuador debido a una expansión de equipos electrónicos y tecnología que hoy en día son sumamente sensibles a las variaciones de voltaje, hacen que la calidad de potencia eléctrica sea una necesidad y principalmente en el área industrial.



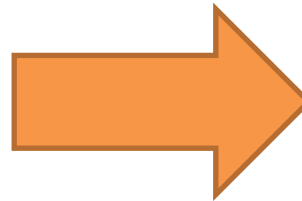
QARAY
alimentos



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Planteamiento del problema

Actualmente, en la empresa Qaray Alimentos, se han determinado problemas en la calidad de energía eléctrica, donde las perturbaciones dinámicas y las que están en régimen estable podrían acarrear problemas.



Justificación

Ante la problemática existente se debe realizar un estudio de calidad de energía, con el fin de evaluar los siguientes indicadores: caídas de voltaje, desbalance de voltaje y armónicos. Del mismo modo se precisa de la evaluación la deficiencia térmica existente en la planta.

QARAY
alimentos



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Objetivo General

Determinar las condiciones de operación asociados al proceso productivo de la empresa “Qaray Alimentos” mediante el análisis del sistema eléctrico de bajo voltaje con la finalidad de proponer mejoras que incluyan criterios de calidad de energía.

Objetivos Específicos

- Realizar un levantamiento de carga en la empresa Qaray Alimentos para conocer el consumo energético eléctrico actual.
- Aplicar pruebas a la instalación eléctrica de la empresa incluyendo termografías y calidad de energía para la obtención de datos que permiten elaborar una evaluación del sistema eléctrico y el consumo de energía.



Objetivos Específicos

- Modelar el sistema eléctrico de la industria para realizar los respectivos estudios en estado estacionario mediante el uso de herramientas computacionales.
- Calcular los indicadores de acuerdo con la normativa ARCERNR 002/20 que refiere a la calidad de energía.
- Realizar el análisis del reporte termográfico de los puntos calientes encontrados en la planta.
- Elaborar una propuesta de mejora de funcionamiento del sistema eléctrico por medio de simulación.
- Proponer un plan de mantenimiento que dé solución a las fallas eléctricas encontradas durante el reporte termográfico.
- Analizar la viabilidad técnica y económica de las propuestas a implementarse en la empresa “Qaray Alimentos”.



A. Levantamiento de datos

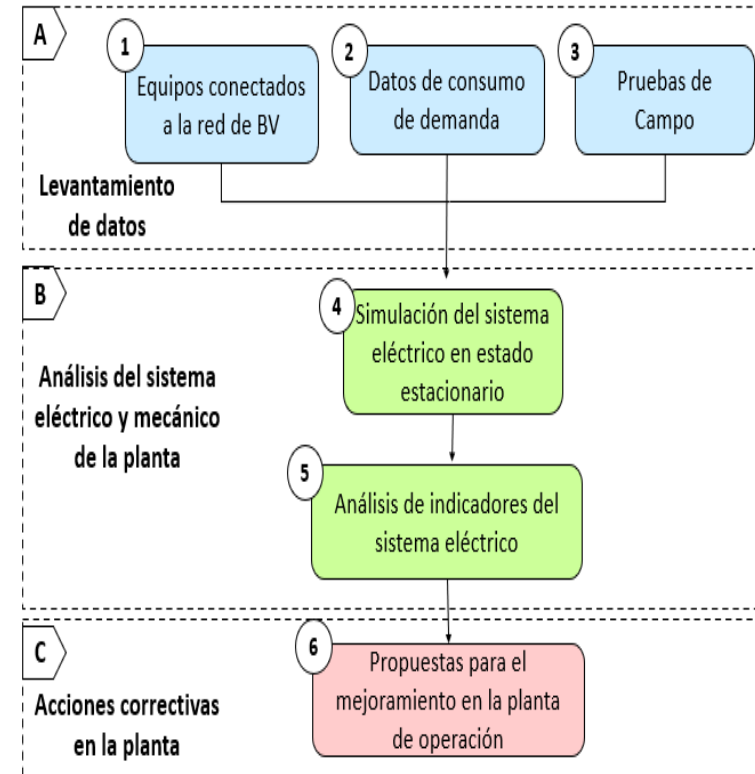
En la primera etapa de la metodología, se recopilan los datos técnicos de operación eléctrica de la planta y funcionamiento de las instalaciones de bajo voltaje, por lo cual es necesario detallar las siguientes etapas:

1. Equipos conectados a la red de bajo voltaje

Se debe realizar un barrido de la existencia de cada una de las cargas con sus respectivos datos técnicos.

2. Datos de consumo de demanda

En esta etapa se obtienen los datos de consumo general de toda la planta y de los equipos individualmente cuando están en operación. Para facilitar la explicación del comportamiento de consumo de demanda es necesario la utilización de gráficas que relacione el tiempo y la cantidad de consumo de la demanda.



3. Pruebas de Campo

Con el fin de obtener información acerca del comportamiento de la operación de la industria se realiza diferentes pruebas tales como el analizador de la calidad de energía y termografía.

B. Análisis del sistema eléctrico y mecánico de la planta

4. Simulación del sistema eléctrico en estado estacionario

En esta etapa se obtiene un modelo detallado de la planta Qaray Alimentos.

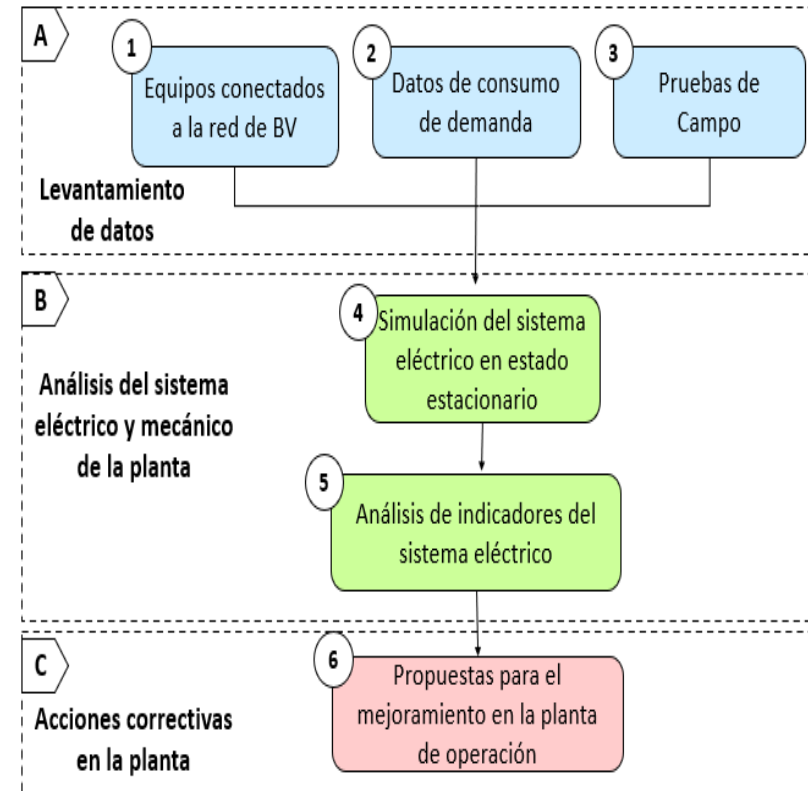
5. Análisis de indicadores del sistema eléctrico y mecánico

Para realizar el diagnóstico de las condiciones de operación de la planta es necesario considerar la normativa ARCERNR 002/20 y normativa ASTM 1934

C. Estudio técnico y económico

6. Propuestas para el mejoramiento en la operación de la planta.

Realizar la propuesta de actividades que ayuden a corregir los problemas que existen en los equipos, instalación o en la red de bajo voltaje para mejorar los criterios de calidad de energía.



Calidad de producto de energía eléctrica

Nivel de voltaje

Nivel de Voltaje	Rango admisible
Bajo Voltaje	$\pm 8.0\%$
Medio Voltaje	$\pm 6.0\%$
Alto Voltaje (Grupo 1 y Grupo 2)	$\pm 5.0\%$

Desequilibrio de Voltaje

El valor límite para el índice de desequilibrio de voltaje en un punto de medición deberá ser del 2% para todos los niveles de voltaje.

Nivel de Voltaje	Valor de referencia
Bajo Voltaje	2%

Distorsión armónica de voltaje (THD)

Nivel de Voltaje	Factor de distorsión armónica individual [%]	THD [%]
Bajo Voltaje	5.0	8.0
Medio Voltaje	3.0	5.0
Alto Voltaje (Grupo 1)	1.5	2.5
Alto Voltaje (Grupo 2)	1.0	15

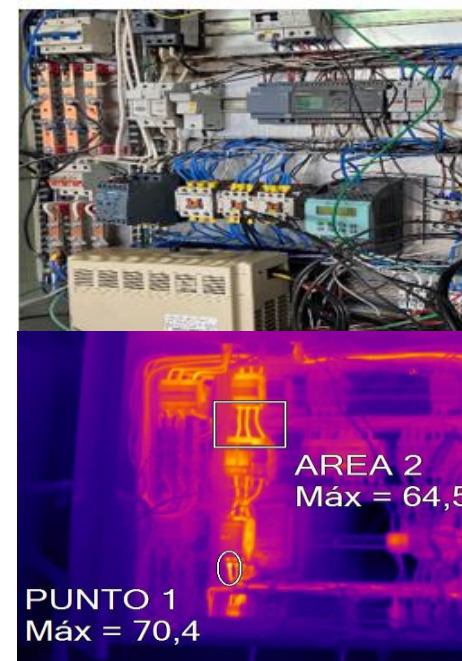
Distorsión armónica total de corriente (TDD)

I_{cc}/I_L	$3 \leq h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h < 50$	TDD
< 20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20 < 50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50 < 100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100 < 1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
> 1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0



Termografía Infrarroja

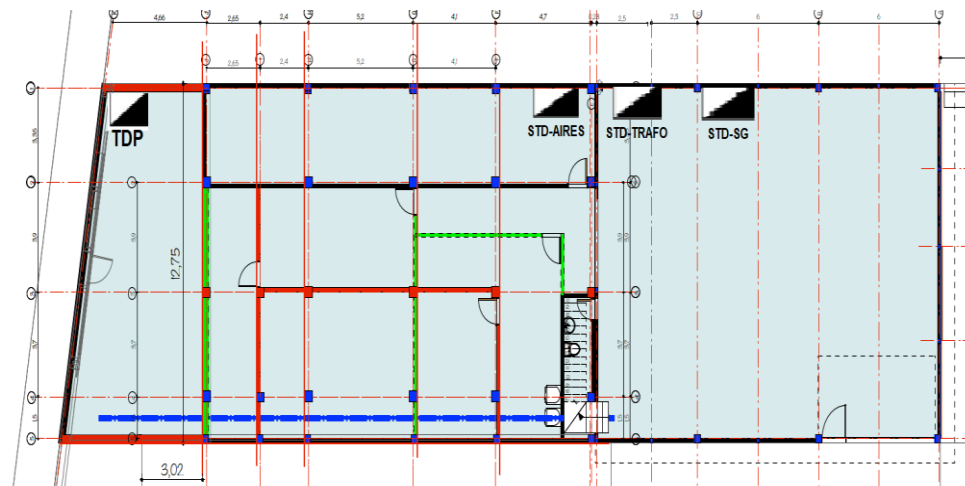
Nivel	Diferencia de temperaturas en base a las comparaciones entre los componentes y el aire ambiente	Diferencia de temperaturas en base a las comparaciones entre similares componentes bajo cargas similares	Clasificación	Acción
1	1 – 10°C O/A	1 a 3°C O/S	Posible deficiencia	La posible deficiencia; investigación de órdenes.
2	11 – 20°C O/A	4 a 15°C O/S	Probables deficiencias	Indica probables deficiencias; la reparación en la próxima parada.
3	21 – 40°C O/A	-----	Deficiencia	Reparación tan pronto como sea posible
4	> 40°C O/A	> 15°C O/S	Deficiencia mayor	Discrepancia importante; Reparar inmediatamente.



Determinación del área de estudio

Suministro de energía

La energía eléctrica proviene desde la red pública de la EEASA, mediante una red trifásica de 13,8 kV, llega a un transformador trifásico de 50 KVA a 220/127V



Datos Técnicos

Marca	Ecuatran
Voltaje de entrada	13,8kV
Voltaje de salida	0,220/0,127 Kv
Capacidad	50kVA
Configuración bajo voltaje	Estrella
Frecuencia	60Hz

Datos Técnicos

Voltaje de entrada	0.220 kV
Voltaje de salida	0.44 kV
Capacidad	18kVA
Configuración	Estrella
Frecuencia	50/60Hz



Motores

Equipo	Potencia [kW]	FP [%]
Motor Ventilador	1,5	78
Motor Pulverizador	0.373	78
Motor Alimentador TSF	1.49	74
Motor Molino	17,3	83

Iluminación

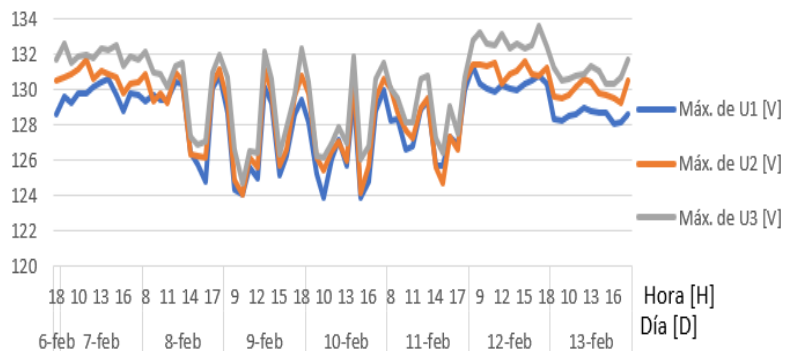
Equipo	Potencia [kW]	Unidad
Bodega 1	1,5	kW
Bodega 2	1,5	kW

Tomas

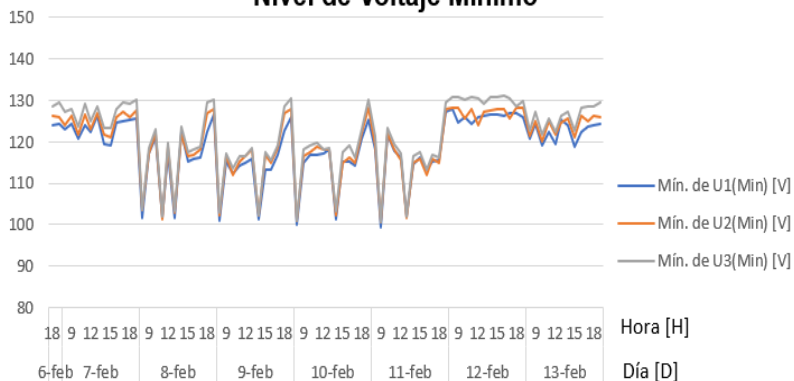
Area	Potencia [kW]	Unidad
Bodega 1	2	kW
Bodega 2	2	kW

Nivel de Voltaje

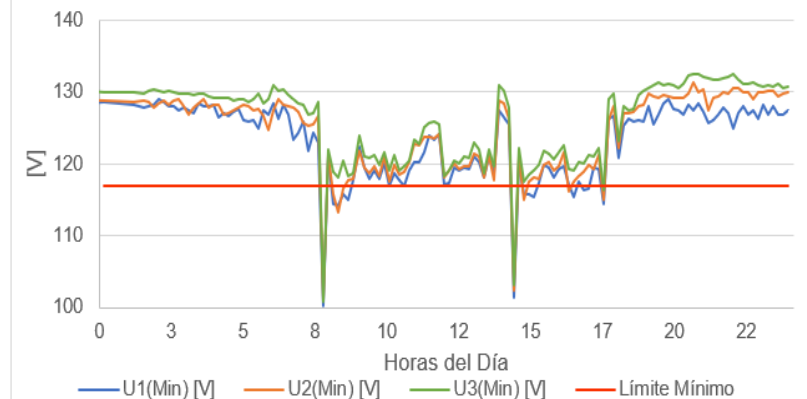
Nivel de Voltaje Máximo



Nivel de Voltaje Mínimo



Voltaje mínimo 10-02-2023



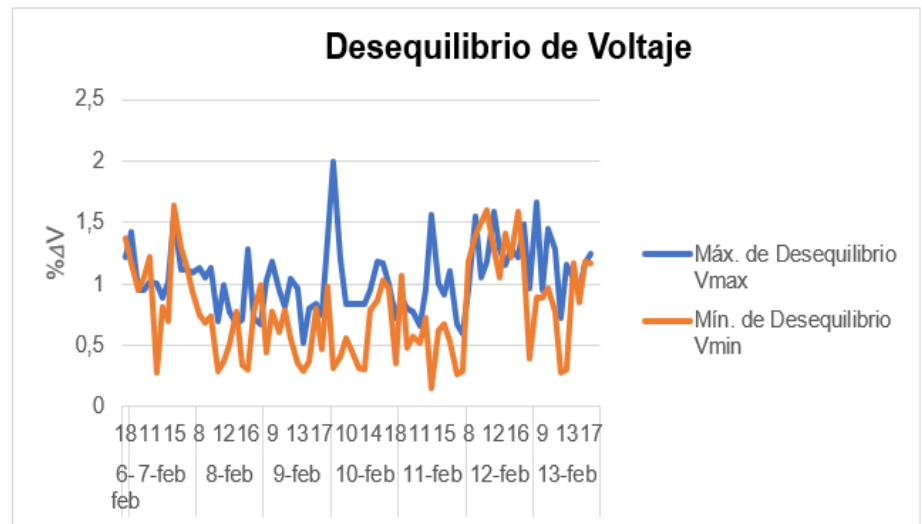
Análisis de voltaje de los valores registrados 2023/02/10

Ítem	Voltaje Nominal [V]	Voltaje mínimo [V]	Voltaje máximo [V]	Cumple con	Cumple con
				el rango mínimo admisible [-8%]	el rango máximo admisible [+8%]
Línea 1	127	100.12	130.91	No	Si
Línea 2	127	100.96	132.56	No	Si
Línea 3	127	100.84	133.98	No	Si

Desequilibrio de Voltaje

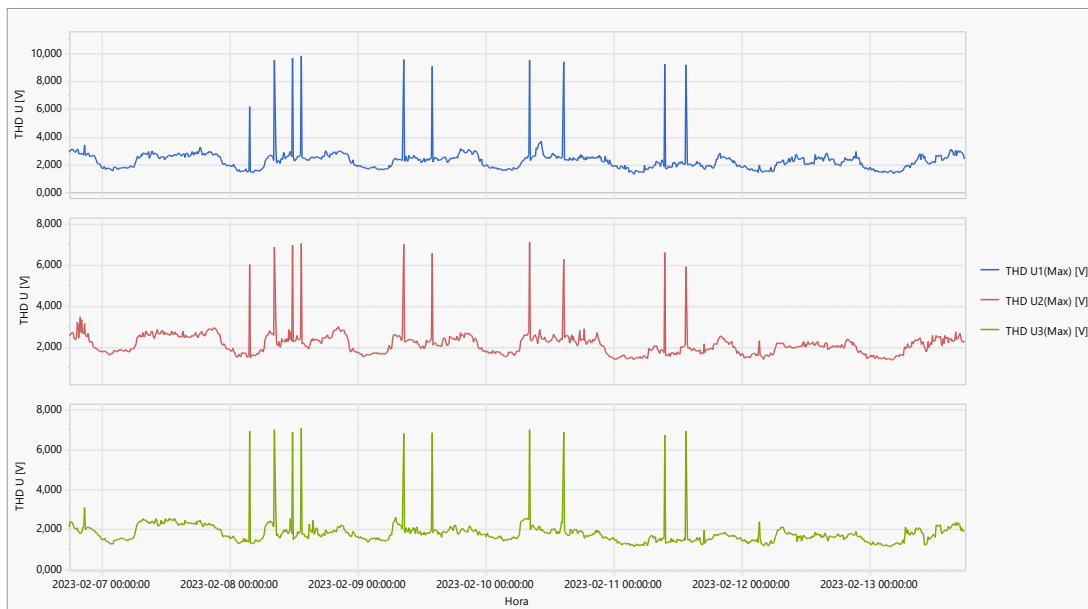
Análisis de desbalance de Voltaje

Fase	Desbalance [%]	Cumple ARCERNNR [2%]
Mínimo	0.15	Si
Máximo	1.98	Si



Distorsión armónica de voltaje

THD Voltaje	Máximo	Mínimo	ARCENNR
	THD [V]	THD [V]	002/20
Línea 1 [F-N]	9,77	1,286	Cumple
Línea 2 [F-N]	7,088	1,32	Cumple
Línea 3 [F-N]	7,042	1,101	Cumple



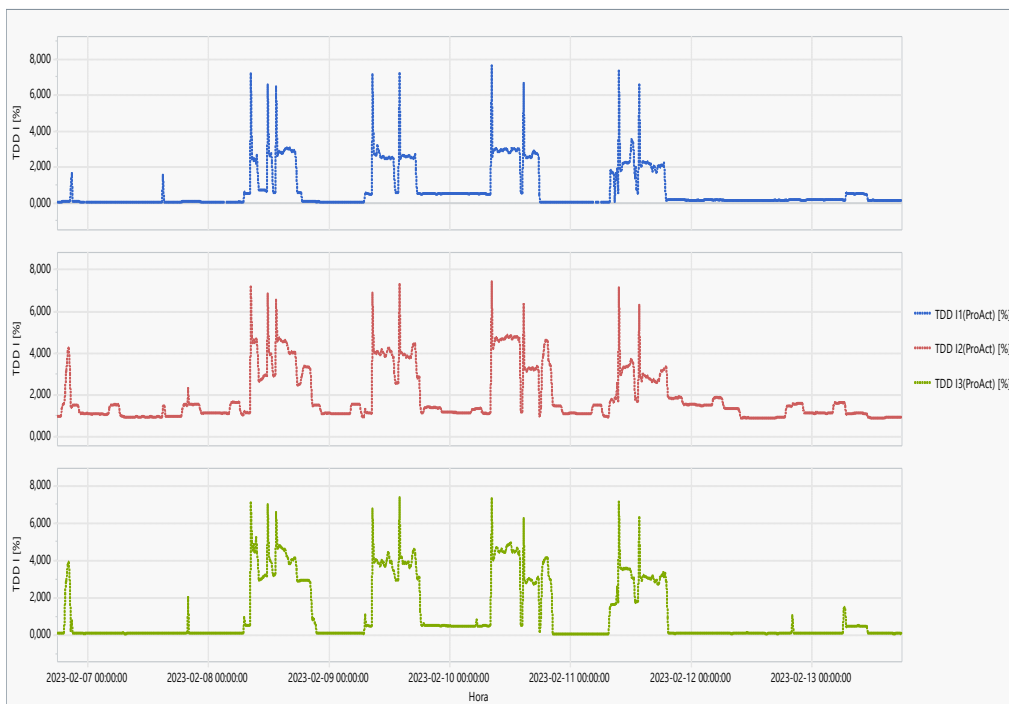
Distorsión armónica total de corriente

$$I_{CC} = 0,818 \text{ kA} \quad I_L = 13,453 \text{ A} \quad \frac{I_{CC}}{I_L} = 13.453$$

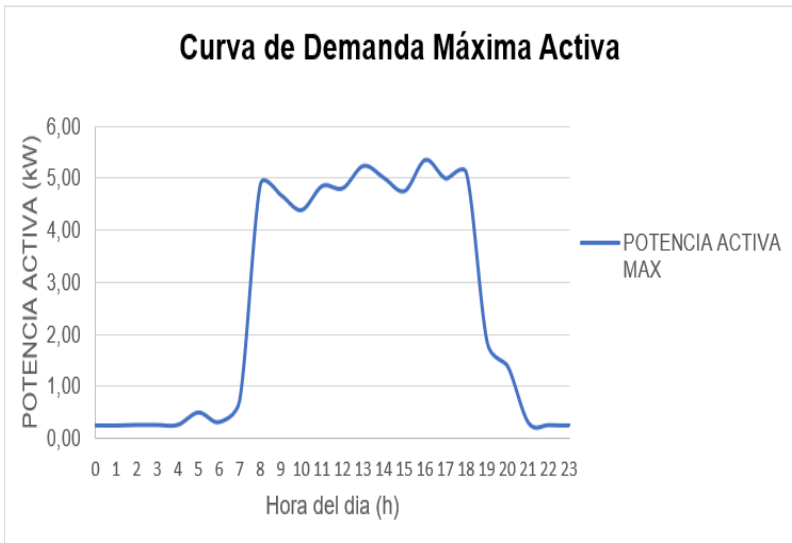
I_{CC}/I_L	$3 \leq h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h < 50$	TDD
< 20	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0

Análisis de Distorsión Armónica de Corriente TDD

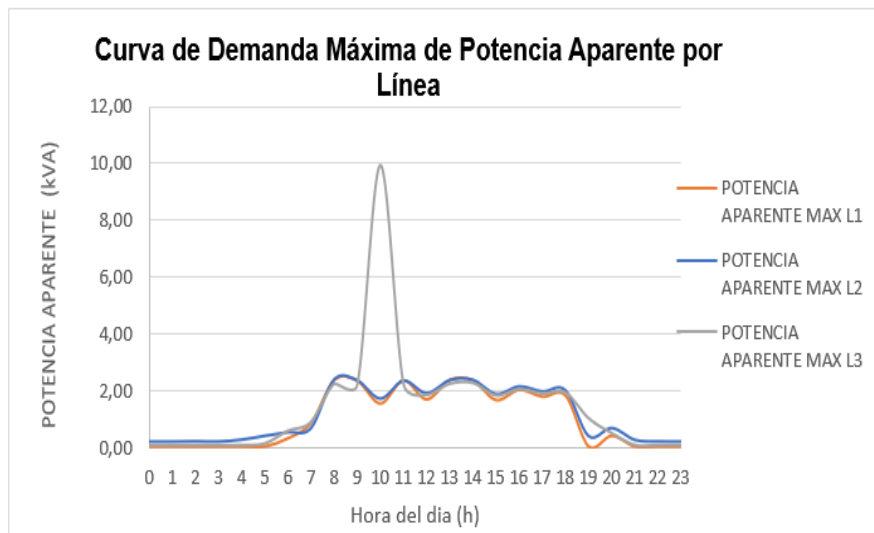
TDD	Máximo	Mínimo	ARCERNNR
Corriente	TDD [%]	TDD [%]	002/20
Línea 1 [F-N]	7,656	0,018	No Cumple
Línea 2 [F-N]	7,443	0,865	No Cumple
Línea 3 [F-N]	7,397	0,054	No Cumple



Análisis de Potencia Activa

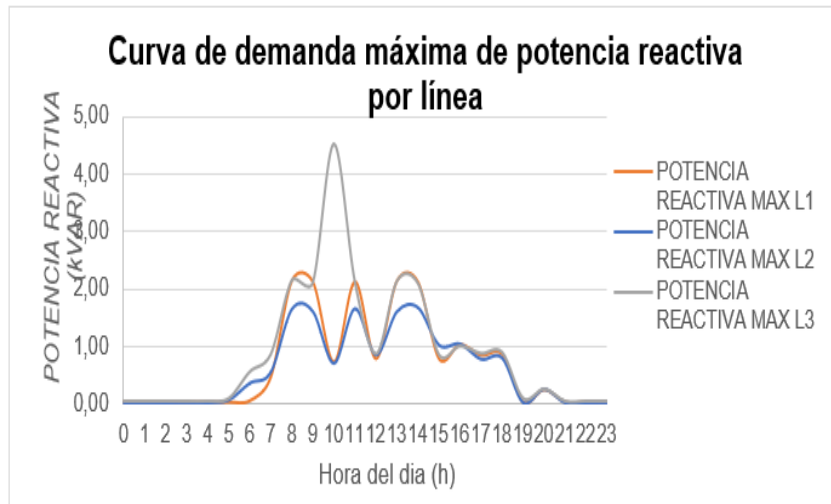
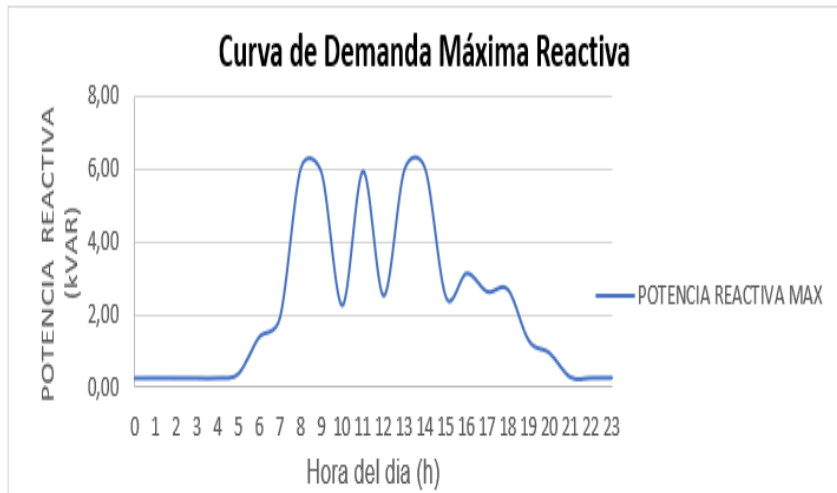


15:00 y 17:00 con un valor de 5.36 kW



La línea 3 L3 experimenta un pico a las 10:00, la línea L2 experimenta mayor carga y la línea L1 experimenta menor carga

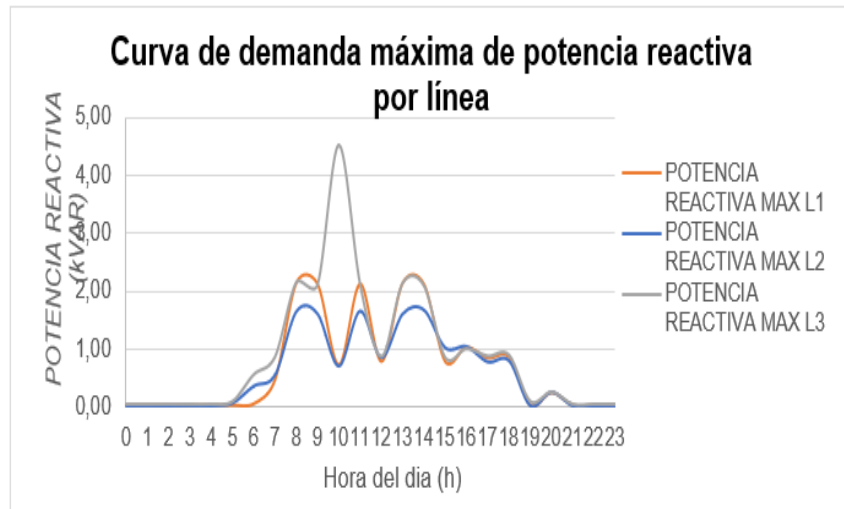
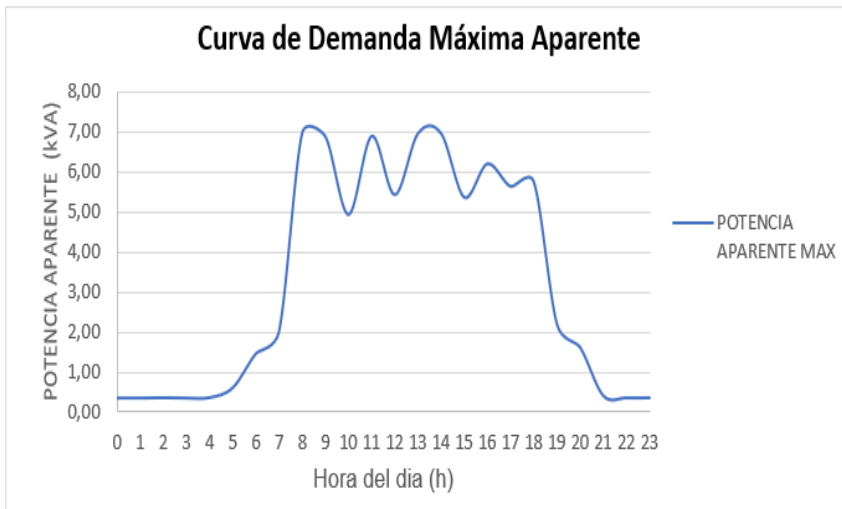
Análisis de Potencia Reactiva



- Valor más alto de 6.03 kVAr (13:00 y 14:00)

- La línea L3 experimenta un pico a las 10:00 de la mañana de 4.5 kVAr

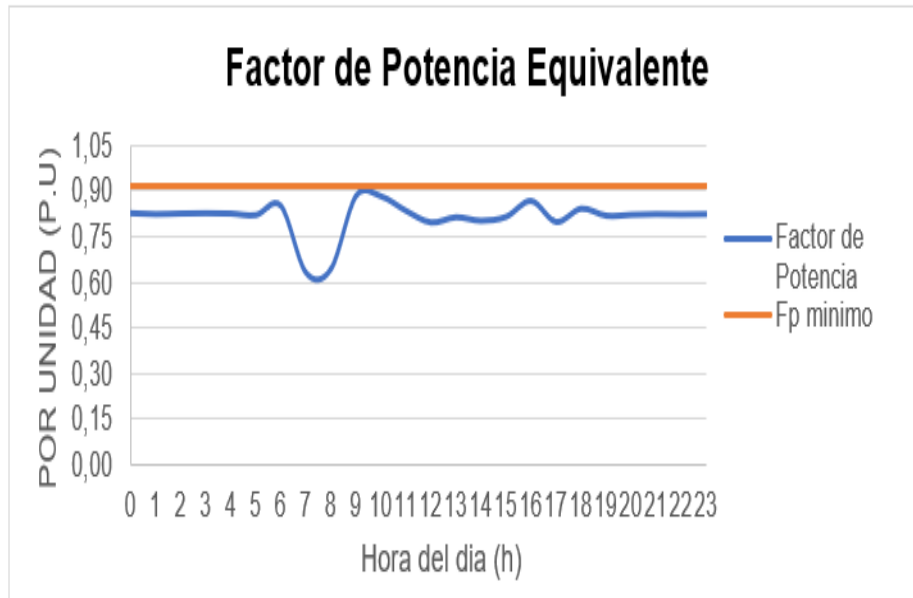
Análisis de Potencia Aparente



- Valor más alto de 7,1 kVA (13:00 y 14:00)

- Las curvas de demanda máxima de potencia aparente por cada fase del sistema eléctrico prácticamente están equilibradas

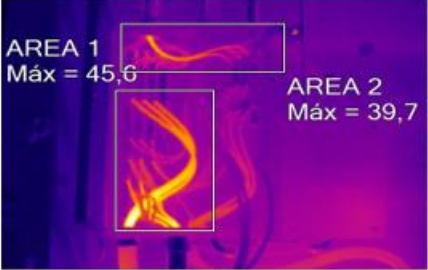

Análisis de Factor de Potencia



$FP < 92\%$

Análisis Termográfico

Tablero principal de distribución

IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA					
<i>Información de la imagen</i>					
Fecha de inspección	6/5/2023	Temp. Ambiente	19°C	Distancia al objetivo	2.56m
Ubicación	Tablero de Distribución 2	Temp. Reflejada	19°C	Ajuste de humedad	0.2
Nombre del equipo	Fluke Thermography	Velocidad del viento	14Km/h	Emisividad	0.95
Modelo de Cámara	Ti450-16120599	Transmisión	0,67	Otros Parámetros	Área 1: 45.6°C Área 2: 39.7°C
Imagen Térmica			Imagen de luz visible		
					
Detalle					
Posible Problema	Anomalía térmica por sobrecarga y falso ajuste				
Prioridad de reparación	Reparar en el próximo mantenimiento programado				

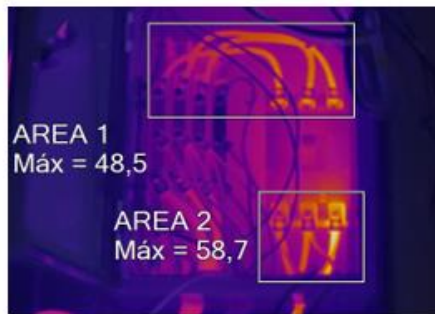
Análisis Termográfico

Tablero principal de distribución 2

IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA					
Información de la imagen					
Fecha de inspección	6/5/2023	Temp. Ambiente	19°C	Distancia al objetivo	1.32m
Ubicación	Tablero de Distribución Principal	Temp. Reflejada	19°C	Ajuste de humedad	0.2
Nombre del equipo	Fluke Thermography	Velocidad del viento	14Km/h	Emisividad	0.95
Modelo de Cámara	Ti450-16120599	Transmisión	0,67	Otros Parámetros	Área 1: 48.5° Área 2: 58.7°

Imagen Térmica

Imagen de luz visible



Detalle

Possible Problema	Anomalía térmica por sobrecarga y falso ajuste
Prioridad de reparación	Reparar tan pronto sea posible

Análisis Termográfico

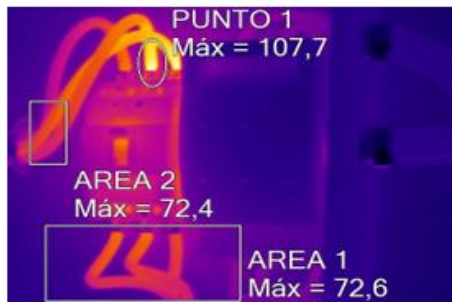
Tablero de protección del transformador

IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA

Información de la imagen					
Fecha de inspección	6/5/2023	Temp. Ambiente	19°C	Distancia al objetivo	0.8m
Ubicación	Tablero Protección del Transformador Elevador	Temp. Reflejada	19°C	Ajuste de humedad	0.2
Nombre del equipo	Fluke Thermography	Velocidad del viento	14Km/h	Emisividad	0.95
					Área 1: 45.6°C
Modelo de Cámara	Ti450-16120599	Transmisión	0,67	Otros Parámetros	Área 2: 39.7°C
					Punto 1: 107.7°C

Imagen Térmica

Imagen de luz visible



Detalle

Posible Problema	Anomalía térmica por sobrecarga y falso ajuste
Prioridad de reparación	Reparar inmediatamente

Análisis Termográfico

Tablero de distribución 3

IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA					
<i>Información de la imagen</i>					
Fecha de inspección	6/5/2023	Temp. Ambiente	19°C	Distancia al objetivo	2.51m
Ubicación	Tablero de Distribución 3	Temp. Reflejada	19°C	Ajuste de humedad	0.2
Nombre del equipo	Fluke Thermography	Velocidad del viento	14Km/h	Emisividad	0.95
Modelo de Cámara	Ti450-16120599	Transmisión	0,67	Otros Parámetros	Área 2: 64.5°C Punto 1: 70.4°C

Imagen Térmica

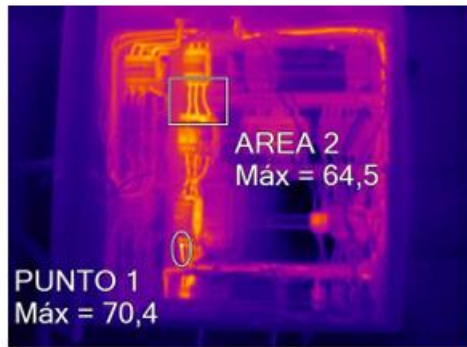


Imagen de luz visible

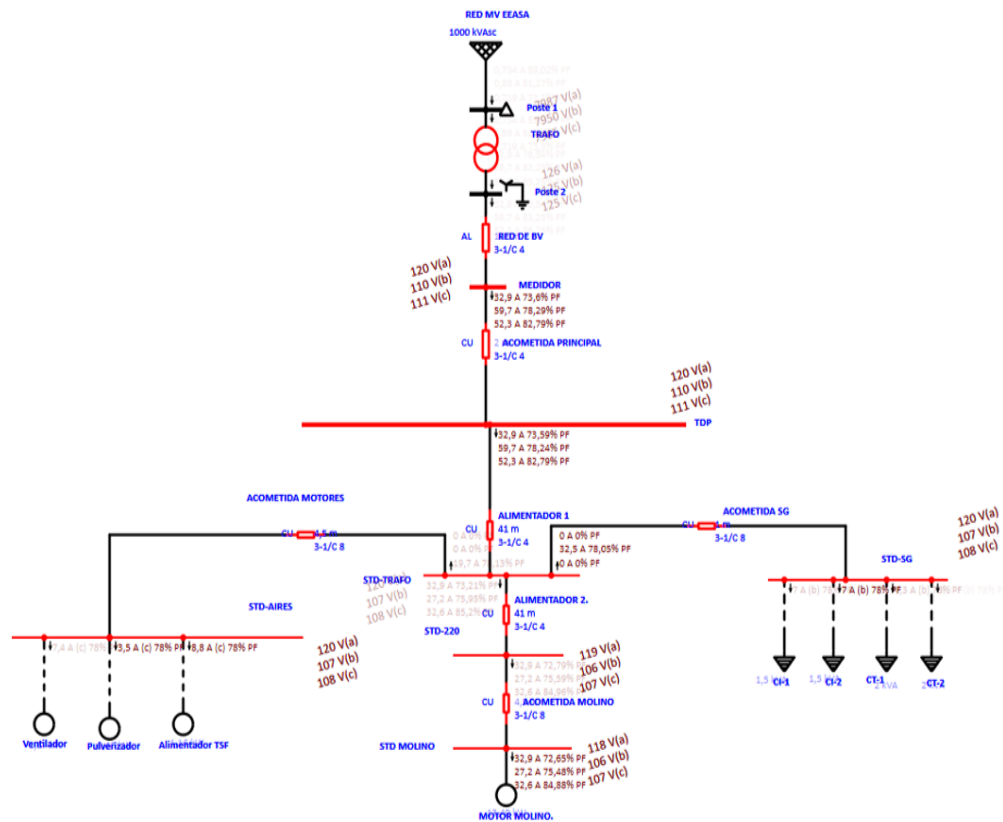


Detalle

Posible Problema	Anomalía térmica por sobrecarga y falso ajuste
Prioridad de reparación	Reparar inmediatamente

Escenario 1 (Cambio de Tap)

Ítem	Ítem	Sistema Actual [V]	Escenario 1 [V]
Barra TDP	Línea 1	119	124
	Línea 2	109	113
	Línea 3	112	115
Barra STD MOLINO	Línea 1	226	232
	Línea 2	212	217
	Línea 3	213	215



Escenario 2 (Cambio de nivel de voltaje del sistema eléctrico del molino)

Ítem	Ítem	Sistema Actual	Escenario 2
Barra TDP	Línea 1	93.79%	94.56%
	Línea 2	85.78%	86.22%
	Línea 3	88.43%	87.34%
Barra STD MOLINO	Línea 1	88.94%	93.10%
	Línea 2	83.39%	83.22%
	Línea 3	83.73%	84.07%

Escenario 3

“Readecuación del sistema eléctrico”

Balance de cargas

BARRA ORIGEN	EQUIPOS	LÍNEA A-B-C		# CONEXIÓN 1F- 2F - 3F
		S. ACTUAL	PROPUESTA	
STD-AIRES	Ventilador	C	C	1F
	Pulverizador	C	C	1F
	Alimentador TSF	C	C	1F
STD-SG	CI-1	B	A	1F
	CI-2	B	A	1F
	CT-1	B	B	1F
	CT-2	B	B	1F
STD MOLINO	Motor Molino	A-B-C	A-B-C	3F

Cambio de conductores

Barra	% Voltaje Sistema Actual			% Voltaje Propuesta		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
MEDIDOR	93,82	85,88	88,52	96,73	96,67	96,76
TDP	93,79	85,78	88,43	96,73	96,64	96,73
STD-TRAFO	93,36	83,66	86,70	96,15	96,04	96,15
STD-AIRES	93,30	83,75	86,51	96,10	96,13	95,99
STD-SG	93,40	83,57	86,70	96,14	96,00	96,16
STD-440	89,00	83,45	83,80	93,83	93,75	93,82
STD MOLINO	88,94	83,39	83,73	93,78	93,70	93,77

- Se propone el refuerzo del calibre en los conductores; Red de Bajo Voltaje, la Acometida Principal y el Alimentador 1
- voltaje máximo de 123 V que representa el 96.73%

Escenario 3
“Readecuación del sistema eléctrico”

Mejoramiento del factor de Potencia

Datos del diseño

$$S_1 = 4.28 \text{ kVA}$$

$$fp_1 = 0.73 \text{ pu}$$

Datos de propuesta

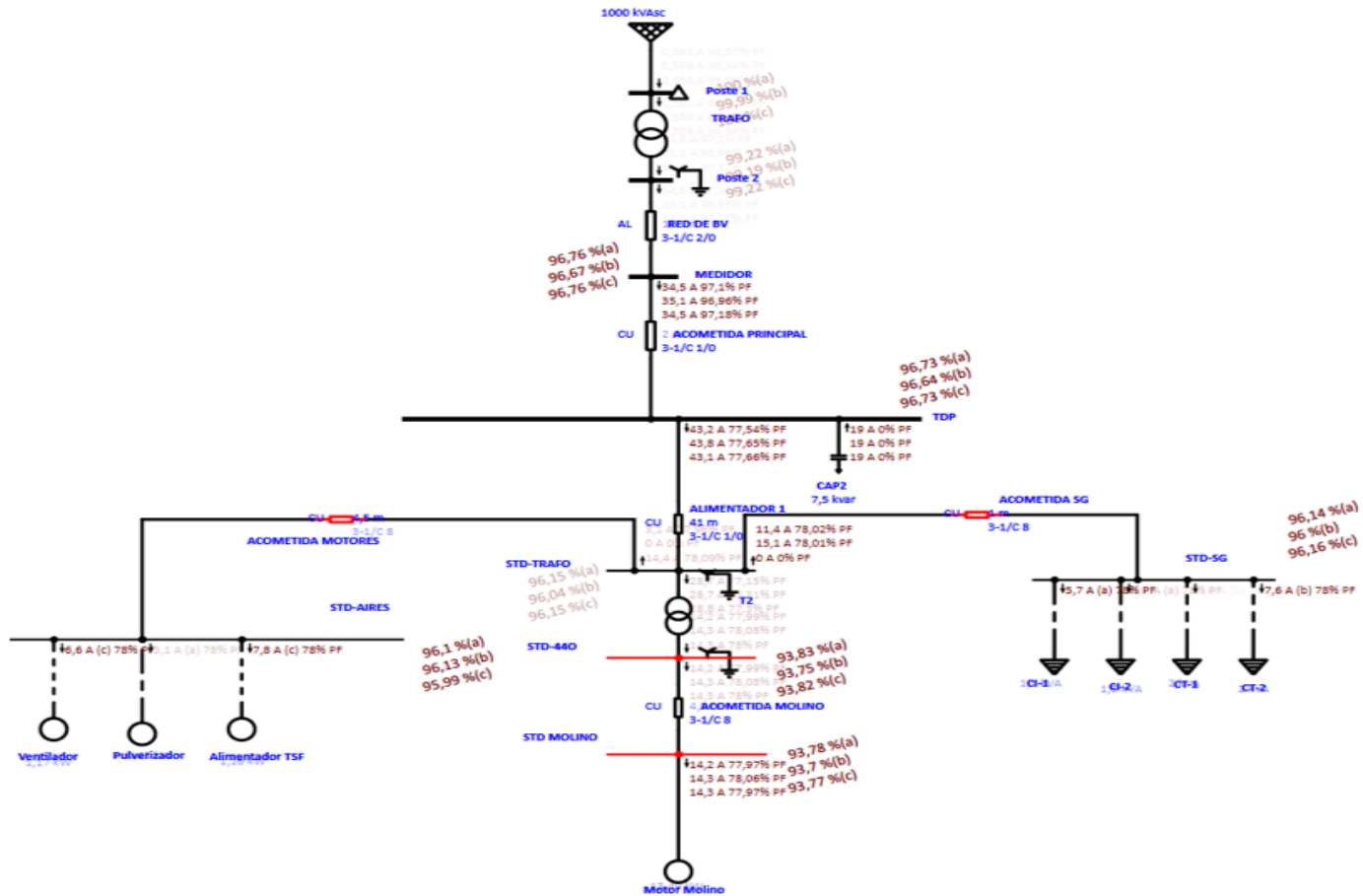
$$Q_{CT} = 7.5 \text{ kVAr}$$

$$fp_d = 0.98 \text{ pu}$$

Barra Acometida / Medidor	% Factor de Potencia [FP]	
	Sistema Actual	Propuesta
Línea 1	73.02	97.1
Línea 2	78.43	96.66
Línea 3	81.32	97.18

El factor de potencia se compensa en la acometida de la planta porque es el punto de medición de las empresas eléctricas para verificar si existe un valor mínimo de FP.

Escenario 3
“Readecuación del sistema eléctrico”



Análisis de escenarios

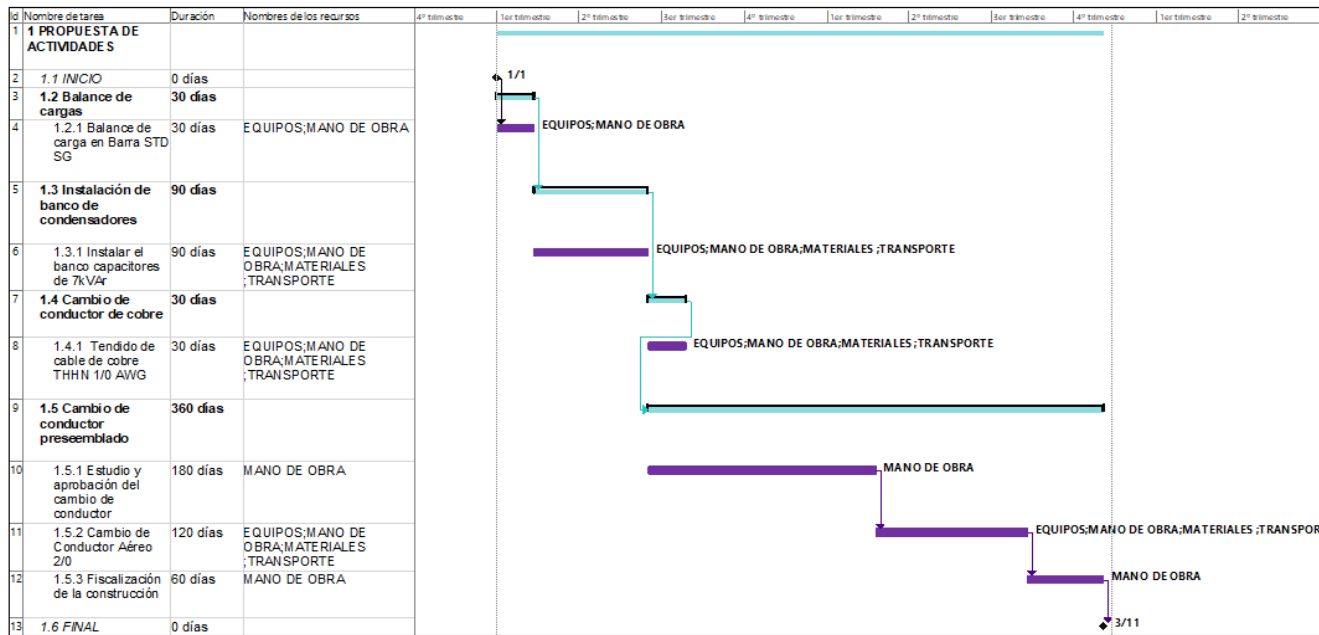
Ítem	Ventajas	Desventajas	Ítem	Ventajas	Desventajas
<p>Escenario 1</p> <p>“Cambio de Tap”</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Permite elevar el voltaje de salida del transformador en Bajo Voltaje y así mejorar el nivel de voltaje que llega la empresa. ✓ En cuanto al factor técnico/económico es reducido puesto que únicamente se requiere mover el TAP del TRAF0 y no implica costos de instalaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Con el cambio de TAP en el Transformador no se logró con totalidad mejorar el nivel de voltaje pues el nivel de voltaje que llega a la barra STD MOLINO no llega al voltaje nominal recomendado por la regulación. ✓ No cumple con índices de calidad de energía de la norma ARCERNNR 002/20, como el nivel de voltaje que es inferior a lo mínimo establecido, también el factor de potencia es inferior a lo normalizado (92%). 	<p>Escenario 2</p> <p>“Cambio de nivel de voltaje del sistema eléctrico del molino”</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Retirar el transformador elevador logró disminuir la caída de voltaje de 88% al 93%. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El factor técnico – económico es muy elevado al retirar el transformador, los tableros eléctricos y dimensionar los conductores para el nuevo motor de 220V. ✓ Se requerirá dimensionar el banco de capacitores para cumplir con el factor de potencia normalizado. ✓ En comparación con la situación actual, para el escenario 2 existe ahorro de energía aproximadamente de 1.84kWh/día, pero en costo de consumo eléctrico es sumamente mínimo el mismo que no es rentable para la recuperación de inversión económica.

Análisis de escenarios

Item	Ventajas	Desventajas
<p>Escenario 3 "Readecuación del sistema eléctrico"</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El realizar un mejor balance de cargas se reduce los sobrecalentamientos y mejora la calidad de energía eléctrica y permite mejor rendimiento en los equipos de la planta. ✓ El cambio de conductores evitará exista sobrecargas en los mismos por mal dimensionamiento de estos, por tanto, se evidencia que modificar el calibre de los conductores disminuye las caídas de voltaje. ✓ Para el mejoramiento del factor de potencia se requiere del dimensionamiento de banco de capacitores automático de 7.5kVAr. ✓ Ayuda afrontar las anomalías térmicas que se evaluaron en el diagnóstico termográfico del sistema eléctrico, principalmente con el cambio de conductor en la acometida y alimentador1. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El factor técnico - económico representa una gran inversión puesto que son algunos cambios de requiere la planta para mejorar su calidad de energía eléctrica y así contrarrestar anomalías como desbalance, caídas de voltaje y bajo factor de potencia.

Plan de mantenimiento según análisis eléctrico

Se elabora el cronograma ponderando la actividad que menos afecte en el proceso productivo en primera instancia y que menor costo represente, además se estableció periodos de duración para cada tarea en base al impacto que generará en la producción



Plan de mantenimiento según análisis termográfico

Se sugiere realizar actividades y mantenimientos que pueden ser de tipo preventivo, correctivo o predictivo, los mismos que facilitará a determinar a detalle que problemas se están presentando en los diferentes tableros de distribución y control.

PLAN DE MANTENIMIENTO A TABLEROS ELÉCTRICOS Y DE CONTROL					
Ítem	Actividad	Intervalo	Duración (minutos)	Equipo de pruebas	Responsable
1	Ajustar conexiones del tablero	Semestral	30	Herramientas manuales	Operario / Electricista
2	Limpiar el tablero	Semestral	30	Herramientas manuales	Operario / Electricista
3	Medición de Voltajes	Semestral	60	Multímetro	Operario / Electricista
4	Pruebas de continuidad de cableado	Semestral	60	Multímetro	Operario / Electricista

Análisis económico – escenario 3

Los costos de rendimiento para la mano de obra se determinan en base a los precios mínimos estipulados por la Contraloría General del Estado del Ecuador y para los costos indirectos / utilidades y otros costos indirectos se establece del 15 y 5 % respectivamente

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	1				
DETALLE:	Balanceo de cargas				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	5%MO				4,33
SUBTOTAL M					4,33
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Residente de obra	1	4,56	4,56	0,1000	45,60
Liniero	1	4,10	4,10	0,1000	41,00
SUBTOTAL N					86,60
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
SUBTOTAL O					0,00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					90,93
INDIRECTOS Y UTILIDADES					15,00%
					13,64
OTROS INDIRECTOS					5,00%
					4,55
COSTO TOTAL					109,12
VALOR PROPUESTO DEL RUBRO 1					109,12

Las propuestas que se plantea son con el objetivo de mitigar las anomalías mejorando los niveles de calidad de energía.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	2				
DETALLE:	Tendido y regulado de cable preensamblado de 2/0				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	5%MO				0,32
SUBTOTAL M					0,32
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Residente de obra	1	4,56	4,56	5,0000	0,91
Técnico en seguridad y salud en el trabajo	1	4,55	4,55	5,0000	0,91
Jefe de grupo	1	4,55	4,55	5,0000	0,91
Liniero	2	4,10	4,10	5,0000	1,64
Asistente técnico	1	4,05	4,05	5,0000	0,81
Chofer	1	5,95	5,95	5,0000	1,19
SUBTOTAL N					6,37
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Cable preensamblado 3x2/0+1x1/0	m	1,00	5,60	5,60	
SUBTOTAL O				5,60	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Camioneta 1 Ton.	u	1	1,50	1,50	
SUBTOTAL P				1,50	
TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					13,79
INDIRECTOS Y UTILIDADES					15,00%
					2,07
OTROS INDIRECTOS					5,00%
					0,69
VALOR PROPUESTO POR METRAJE					16,55
COSTO TOTAL DEL RUBRO 2					\$2680,89

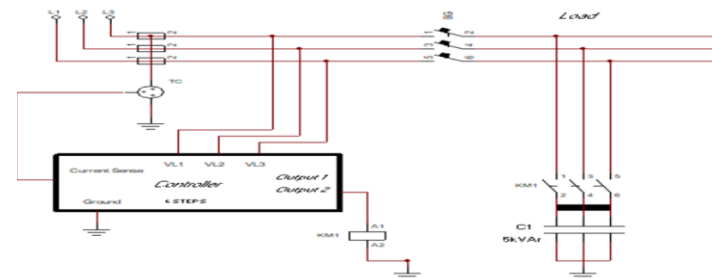
Costo total del rubro 2 que corresponde a los 162 metros que ocupa el ramal de *Bajo Voltaje*

Análisis económico – escenario 3

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	3				
DETALLE:	Tendido de cable de cobre THHN 1/0 AWG.				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	5%MO				0,13
SUBTOTAL M					0,13
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Jefe de grupo	1	4,55	4,55	5,0000	0,91
Liniero	2	4,10	4,10	5,0000	1,84
SUBTOTAL N					2,55
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.		COSTO
Cables de cobre THHN 1/0 AWG	m	1,00	7,80		7,80
SUBTOTAL O					7,80
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.		COSTO
Camioneta 1 Ton.	u	1	1,50		1,50
SUBTOTAL P					1,50
TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					11,78
INDIRECTOS Y UTILIDADES					15,00%
OTROS INDIRECTOS					5,00%
VALOR PROPUESTO POR METRAJE					14,13
COSTO TOTAL DEL RUBRO 3					607,72

Costo total del rubro 3 que corresponde a los 43 metros que ocupan los ramales de la acometida principal y alimentador 1

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	4				
DETALLE:	Instalación de banco de capacitores automático				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	5%MO				8,81
SUBTOTAL M					8,81
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Residente de obra	1	4,58	4,58	0,1000	45,80
Jefe de grupo	1	4,55	4,55	0,1000	45,50
Liniero	1	4,10	4,10	0,1000	41,00
SUBTOTAL N					132,10
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.		COSTO
Capacitor Trifásico de 7.5kVAr	u	1,00	85,00		85,00
Controlador de factor de potencia	u	1,00	230,00		230,00
Gabinete metálico	u	1,00	70,00		70,00
Transformadores de corriente	u	1,00	30,00		30,00
Accesorios de conexión y sujeción	kit	1,00	50,00		50,00
Elementos de protección (breakers)	kit	1,00	100,00		100,00
Elementos de control electromecánica (contactor)	kit	1,00	90,00		90,00
SUBTOTAL O					635,00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.		COSTO
Camioneta 1 Ton.	u	1	75,00		75,00
SUBTOTAL P					75,00
TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					848,71
INDIRECTOS Y UTILIDADES					15,00%
OTROS INDIRECTOS					5,00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1018,45
VALOR PROPUESTO					1018,45



Conclusiones

- Se realizó el estudio de los parámetros eléctricos como nivel de voltaje, desbalance de voltaje y factor de potencia en base a la normativa ARCERNNR 002/20, fue posible determinar la calidad de energía eléctrica que se suministra en la planta y conforme con los criterios técnicos que establece la normativa permitió comparar con el sistema eléctrico actual de la empresa.
- De acuerdo con el diagnóstico realizado en las instalaciones eléctricas de la empresa se estableció que los niveles de voltaje máximo con un valor de 132.56 V en la línea 2, 130.91 V en la línea 1 y 133.98 V en la línea 3 cumplen con el rango límite establecido del $\pm 8\%$ del Voltaje nominal, además el nivel de desequilibrio de voltaje representa un valor del 1.98% en un día de producción (8:00 am a 18:00 pm) y está en cumplimiento con la normativa.
- En base a los datos entregados por el analizador de energía METREL 2383, los armónicos de corriente TDD están dentro de los rangos según la normativa ARCERNNR 002/20 o la IEEE Std-519-2014, demostrando que la relación de I_{cc}/I_L es < 20 , considera que el porcentaje al 11vo armónico es del 4%, además no se evidencia potencia de distorsión por ser cargas lineales.



Conclusiones

- Se comprobó que el escenario 1 o cambio de TAP no indica mayor ventaja puesto que aún existe visibles caídas de voltaje en el punto de acoplamiento común, en la línea 1 presenta un valor del 97%, en la línea 2 un 88% y línea 3 un valor de 90% lo que representa valores inferiores a lo estipulado por la normativa, del mismo modo el calentamiento en los conductores no se reduce en su totalidad, siendo este escenario poco confiable para la mejoría del sistema eléctrico de la planta, en cuanto al segundo escenario o retiro del transformador elevador, demuestra que la caída de voltaje aumentando al 93% según la propuesta pero la inversión técnico-económico no es viable porque necesitará mucho tiempo de recuperación (mayor a 3 años), y se concluye que esta propuesta no es factible implementarse.
- Una vez realizado el análisis de calidad de energía vs la termografía se propone el escenario 3, el cual primero se plantea el cambio del conductor de la red eléctrica de Bajo Voltaje (3x4AWG +4AWG) que alimenta a la planta, para lo cual se modela y simula con un conductor preensamblado de 2/0 AWG, también el cambio en los conductores de la acometida principal el alimentador 1 los cuales se modelan con conductores de 1/0 AWG, del mismo modo se redistribuye las cargas de la acometida de servicios generales CI-1, CI-2, CT-1 y CT-2 a las líneas 1 y 2 para disminuir sobrecargas en los conductores, además el sistema eléctrico actual muestra un factor de potencia del 78% para lo cual se diseña y modela un banco de condensadores automático de 7.5 kVAr demostrando que el factor del potencia incrementa a un valor del 96.9% que están dentro del rango permitido por normativa, de tal forma que estas propuestas que están en el escenario 3 son las más viables para el mejoramiento de la calidad de energía eléctrica de la planta “Qaray Alimentos”.



Conclusiones

- Se propone un plan de mantenimiento preventivo y correctivo en el sistema eléctrico en base a los resultados del analizador de calidad de energía, análisis termográfico y la propuesta seleccionada (escenario 3) con el fin de aumentar la vida útil de las maquinarias o equipos y de tal forma reducir las fallas térmicas presentadas en los tableros de distribución y/o control.
- Del estudio elaborado se puede señalar que, el método de análisis termográfico demostró ser una herramienta eficaz en el monitoreo de la condición y el diagnóstico de los elementos que conforman la red de bajo voltaje que se aplicó a la empresa de molienda “Qaray Alimentos”, dicho método no es invasivo y registra la temperatura en tiempo real de los equipos, cuyas mediciones al ser contrastadas con la norma internacional ASTM 1934 se determina que los niveles de criticidad térmica se encuentran en un rango de discrepancia importante y se precisa reparación inmediata.



Recomendaciones

- La planta industrial en su tablero de distribución principal cuenta con un breaker fijo, pero se recomienda la instalación de un breaker regulable para el incremento de futuras cargas al sistema y así evitar mayores sobrecargas.
- Es posible reducir el consumo de energía con el reemplazo de conductores en los puntos ya establecidos y mantenimiento de los equipos, del mismo modo lo recomendable en este caso se sugiere a la empresa tener cargas trifásicas para que la cargabilidad sea mayormente simétrica.
- Se aconseja la instalación de arrancadores suaves para los motores con el propósito de disminuir los altos valores de armónicos de corrientes, las sobrecargas en los conductores, los picos de voltaje y así optimizar en el arranque y paro de los motores.



Bibliografía

Aguiar, M. (2016). *Saber Metodología*. Obtenido de

<https://sabermetodologia.wordpress.com/2016/02/15/tecnicas-e-instrumentos-de-recoleccion-de-datos/>

ANSI/NETA . (2017). Thermographic Survey Suggested Actions Based Temperature Rise.O/A: Over Ambient: (Sobre Temperatura ambiente); O/S: Over Similar: (Sobre Temperatura de un cuerpo similar en condiciones normales). Obtenido de

<https://es.scribd.com/document/490608587/TABLASANSI-NETA-ATS-2017-E-en-es>

ARCERNR-002/20. (2020). *Calidad de servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica*.

Quito: Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables.

ASTM INTERNATIONAL. (2010). *Standard guide for examining Electrical and Mechanical Equipment with infrared Thermography*. Obtenido de <https://impic.es/wp-content/uploads/2017/03/ASTM-E1934-99a2010.pdf>



Bibliografía

- ECOR. (2018). *Calidad de energía eléctrica*. Obtenido de <https://www.iecor.com/calidad-de-energia-electrica/>
- IEEE. (2014). IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems. *IEEE 519-2014*, 1-112. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/210894>
- IEEE Std 519. (2014). *Practica recomendada IEEE y requisitos para el control armonico en sistemas de energia electrica*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/399050108/IEEE-Std-519-2014-espanol-pdf>
- Kapter. (4 de Enero de 2021). *Acerca de nosotros: Kapter*. Obtenido de <https://www.kapter.mx/2021/01/04/tipos-y-clasificacion-de-camaras-termograficas/>
- LINE-X. (2020). *Acerca de nosotros: LINE-X*. Obtenido de <https://www.linex.mx/mantenimiento-industrial-es-importante/>



¡Gracias!



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA