

**ESTUDIO DE CARGA ELÉCTRICA PARA LA
REPOTENCIACIÓN DEL CIRCUITO
ELÉCTRICO EN BAJA TENSIÓN DEL
TRANSFORMADOR EXISTENTE NÚMERO 1
DE LA EMPRESA SUCESTORES DE J
PAREDES M.S.A**



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE INGENIERIA ELÉCTRICA**

**ESTUDIO DE CARGA ELÉCTRICA PARA LA
REPOTENCIACIÓN DEL CIRCUITO
ELÉCTRICO EN BAJA TENSIÓN DEL
TRANSFORMADOR EXISTENTE NÚMERO 1
DE LA EMPRESA SUCEORES DE J
PAREDES M.S.A.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR: Geovanny Patricio Ibáñez Figueroa

TUTOR: Milton Gonzalo Ruiz Maldonado

Quito -Ecuador

2023

Geovanny Patricio Ibáñez Figueroa

ESTUDIO DE CARGA ELÉCTRICA PARA LA REPOTENCIACIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO EN BAJA TENSIÓN DEL TRANSFORMADOR EXISTENTE NÚMERO 1 DE LA EMPRESA SUCESORES DE J PAREDES M.S.A.

Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador 2023

Carrera de Ingeniería Eléctrica

Breve reseña histórica e información de contacto.



Geovanny Patricio Ibáñez Figueroa (Y'1998 – M'08). Realizó sus estudios de nivel secundario en el la Unidad Educativa Pucayacu de la parroquia Pucayacu, cantón La mana, Provincia Cotopaxi, de Ecuador. Egresado de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana. Su trabajo se basa en estudio de carga eléctrica para la repotenciación del circuito eléctrico en baja tensión del transformador existente número 1 de la empresa Sucesores de J Paredes M.S.

gibanezf@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



Milton Gonzalo Ruiz Maldonado (Y'1987 – M'01). Realizó sus estudios superiores en la Universidad Politécnica Salesiana, donde se graduó de Ingeniero Electrónico en 2012 y en 2015 como Ingeniero Eléctrico. Además, realizó estudios de posgrado en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. En 2021 recibió su PhD en ciencias de la ingeniería en la Universidad de Ferrara de Ferrara-Italia, sus intereses de investigación están en gestión de energía, infraestructura de medición avanzada, red inteligente. Actualmente es profesor de la Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador y miembro del grupo de investigación GIREI.

mruizm@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados:

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

©2023 Universidad Politécnica Salesiana

QUITO – ECUADOR

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Geovanny Patricio Ibáñez Figueroa con documento de identificación N°
0504071630 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la
Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de
manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 17 de marzo del año 2023

Atentamente,



Geovanny Patricio Ibáñez Figueroa

0504071630

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Geovanny Patricio Ibáñez Figueroa con documento de identificación No. 0504071630, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: "Estudio de carga eléctrica para la repotenciación del circuito en baja tensión del transformador existente número 1 de la empresa Sucesores de J Paredes M.S.A", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 17 de marzo del año 2023

Atentamente,



Geovanny Patricio Ibáñez Figueroa

0504071630

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Milton Gonzalo Ruiz Maldonado con documento de identificación N° 1714409065, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ESTUDIO DE CARGA ELÉCTRICA PARA LA REPOTENCIACIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO EN BAJA TENSION DEL TRANSFORMADOR EXISTENTE NÚMERO 1 DE LA EMPRESA SUCESORES DE J PAREDES M S.A., realizado por Geovanny Patricio Ibañez Figueroa con documento de identificación N° 0504071630, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto

Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica

Salesiana.

Quito, 17 de marzo del año 2023.

Atentamente,



Ing. Milton Gonzalo Ruiz Maldonado, PhD
1714409065

DICE GENERAL

RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Alcance	2
1.3. Objetivo Principal	3
1.4. Objetivos específicos	3
2. MARCO TEORICO	4
2.1. Clasificación de las Instalaciones Eléctricas Interiores.....	7
2.2. Datos técnicos del sistema de distribución.....	9
2.2.1. Transformador de Distribución.....	9
2.2.2. Equipos de protección y corte.....	10
2.2.3. Equipos de iluminación pública.....	10
2.2.4. Aisladores.....	10
2.2.5. Conductores Desnudos	13
2.2.6. Sistema de medio voltaje.....	13
2.2.7. Red de baja tensión.....	13
2.2.8. Cables con aislamiento y complementarios.....	13
2.2.9. Complementarios para cables	14
2.2.10. Material para Conexión a Tierra	14
2.2.11. Postes.....	14
2.2.12. Herrajes Galvanizados y Cables de Acero	15
2.3. Teoría de las instalaciones de media y baja tensión	15
3. INSPECCIÓN TÉCNICA.....	21
3.1. Identificación de líneas de producción alimentados por el transformador 1	21
3.1.1. Fava 2200	24
3.1.2. Pavan	28
3.1.3. Línea B1000	30
3.1.4. Línea B600	32
3.1.5. Pavan empacadora	34
3.1.6. Empacadora Fava 2200.....	34
3.1.7. Banco capacitores fava 2200.....	35
3.1.8. Banco Capacitores pavan.....	35
3.2. Descripción del sistema eléctrico asociado al transformador #1	36

3.2.1. Registrador de energía	39
3.2.2. Transformador	40
3.2.3. Generador	41
3.2.4. Tablero de transferencia manual	42
3.2.5. Sistema de distribución eléctrica	42
3.2.6. Tablero de distribución principal	43
3.2.7. Tablero de distribución principal Fava 2200	44
3.2.8. Tablero banco de capacitores #3	45
3.2.9. Tablero empacadoras Fava 2200	46
3.2.10. Cuadro de distribución líneas de producción y BC # 1	47
3.2.11. Tablero banco de capacitores #1	48
3.2.12. Tablero de distribución equipos auxiliares	49
3.3. Análisis de calidad de energía	50
3.3.1. Frecuencia	50
3.3.2. Tendencia de voltaje	51
3.3.3. Caída de tensión	52
3.3.4. Tendencia de corriente	55
3.3.5. Potencia activa	56
3.3.6. Tendencia de potencia reactiva	57
3.3.7. Tendencia de potencia aparente	58
3.3.8. Factor de potencia	59
3.3.9. Tendencia THD voltaje	60
3.3.10. Tendencia THD corriente	61
3.3.11. Espectro armónico	62
3.3.12. Flicker	63
3.4. Comprobación termográfica	64
3.4.1. Seccionadores de acometida	66
3.4.2. Transformador #1 750 KVA	67
3.4.3. Breakers principales del cuadro de suministro principal	68
3.4.4. Breaker principal del tablero de distribución principal Fava 2200	69
3.4.5. Barras de alimentación del tablero de distribución principal Fava 2200 ...	70
3.4.6. Conexión a barras de alimentación del TDP Fava 2200	71
3.4.7. Breaker principal de línea Fava 2200	72
3.4.8. Breaker principal 2 de línea Fava 2200	73
3.4.9. Breaker principal del banco de capacitores Fava 2200	74

3.4.10. Breaker principal de TDP Fava 2200.....	75
3.4.11. Breaker principal de banco de capacitores #3.....	76
3.4.12. Breakers secundarios de banco de capacitores #3.....	77
3.4.13. Breaker principal del tablero de control empacadora Fava 2200.....	78
3.4.14. Breaker principal 1 del tablero de control principal empacadora Fava 2200	79
3.4.15. Breaker principal de tablero de transferencia manual.....	80
3.4.16. Breakers secundarios del proceso Pavan B1000, B600.....	81
3.4.17. Breakers de banco de capacitores #1.....	82
3.4.18. Breakers secundarios de capacitores #1.....	83
3.4.19. Breakers secundarios de tablero de alimentación chiller 1.....	85
3.4.20. Breaker secundario 2 de tablero de alimentación chiller 2.....	86
4. DISEÑO.....	87
4.1. Protecciones primarias.....	87
4.1.1. Seccionadores con compartimento rompe arco.....	87
4.2. Línea Fava 2200.....	88
4.2.1. Fava 2200.....	88
4.2.2. Banco de capacitores.....	89
4.2.3. Empacadoras 2200.....	89
4.2.4. Protección principal Fava 2200.....	89
4.3. Línea Pavan.....	90
4.3.1. Línea B600.....	90
4.3.2. Carga Pavan.....	90
4.3.3. Línea B1000.....	90
4.3.4. Banco de capacitores.....	91
4.3.5. Línea Chiller.....	91
4.3.6. Línea Chiller 2.....	92
4.3.7. Empacadora Pavan.....	92
4.3.8. Protección principal Pavan.....	92
5. ANÁLISIS.....	94
5.1. Análisis del circuito del transformador #1 sin repotenciación.....	94
5.2. Análisis del circuito del transformador #1 con repotenciación.....	96
6. CONCLUSIONES.....	100
7. RECOMENDACIONES.....	101
8. BIBLIOGRAFÍA.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Red de distribución exterior.....	4
Figura 2 Red de distribución interior.....	5
Figura 3 Red eléctrica monofásica	6
Figura 4 Red eléctrica trifásica.....	7
Figura 5 Empalme de baja tensión monofásico.....	8
Figura 6 Aislador tipo espiga	11
Figura 7 Aislador tipo suspensión	11
Figura 8 Aislador tipo rollo	12
Figura 9 Aislador de retenida	12
Figura 10 Diagrama de proceso de manufactura A.....	22
Figura 11 Diagrama de proceso de manufactura B	23
Figura 12 Línea de producción Fava2200.....	24
Figura 13 Diagrama de flujo línea de producción Fava2200	27
Figura 14 Línea de producción Pavan.....	28
Figura 15 Diagrama de flujo de línea de producción Pavan	29
Figura 16 Línea de producción B1000.....	30
Figura 17 Diagrama de flujo de línea de producción B1000	31
Figura 18 Línea de producción B600.....	32
Figura 19 Diagrama de flujo de línea de producción B600	33
Figura 20 Empacadora Pavan.....	34
Figura 21 Empacadora Fava 2200.....	35
Figura 22 Líneas de MT asociadas al transformador #1	37
Figura 23 Líneas de MT/BT subterráneas asociadas al transformador #1	38
Figura 24 Contador de energía eléctrica.....	39
Figura 25 Transformador trifásico N°1 750 KVA	40
Figura 26 Generador 200 kw.....	41
Figura 27 Circuito de cargas de transformador 1	42
Figura 28 Tablero de distribución principal	43
Figura 29 Tablero de distribución principal Fava 2200	45
Figura 30 Tablero de banco de capacitores Fava 2200	46
Figura 31 Tablero sistema de empacado Fava 2200	46
Figura 32 Tablero de banco de capacitores #1	48
Figura 33 Tablero de distribución de equipos auxiliares #1.....	50
Figura 34 Tendencia de frecuencia transformador 1.....	51

Figura 35 Voltajes RMS transformador 1	52
Figura 36 Caída de tensión en transformador 1, periodo 1	53
Figura 37 Corriente RMS durante caída de tensión en transformador 1, periodo 1	53
Figura 38 Caída de tensión en transformador 1, periodo 2	54
Figura 39 Caída de tensión en transformador 1, periodo 2	54
Figura 40 Corriente trifásica en transformador 1	55
Figura 41 Potencia activa en transformador 1	56
Figura 42 Potencia reactiva en transformador 1	57
Figura 43 Potencia aparente en transformador 1	58
Figura 44 Factor de potencia en transformador 1	59
Figura 45 THD de voltaje en transformador 1	60
Figura 46 THD de corriente en transformador 1	61
Figura 47 Espectro armónico de voltaje en transformador 1	62
Figura 48 Espectro armónico de corriente en transformador 1	62
Figura 49 Pst voltaje transformador 1	63
Figura 50 Termografía de los seccionadores del Trafo #1.....	67
Figura 51 Termografía de Trafo #1.....	68
Figura 52 Termografía de los breakers principales del TDP.....	69
Figura 53 Termografía del breaker principal de TDP Fava 2200	70
Figura 54 Termografía barras de alimentación de TDP Fava 2200	71
Figura 55 Termografía de conexión a las barras de alimentación de TDP Fava 2200.....	72
Figura 56 Termografía de breaker principal de línea Fava 2200	73
Figura 57 Termografía de breaker principal 2 de línea Fava 2200	74
Figura 58 Termografía de breaker principal del banco de capacitores Fava 2200.....	75
Figura 59 Termografía de breaker principal del TDP Fava 2200	76
Figura 60 Termografía de breaker principal del banco de capacitores #3	77
Figura 61 Termografía de breaker principal del banco de capacitores #3	78
Figura 62 Termografía de breaker principal del TC empacadora Fava 2200	79
Figura 63 Termografía de breaker principal 1 del TC tempacadora Fava 2200	80
Figura 64 Termografía del tablero de transferencia manual	81
Figura 65 Termografía de los breakers secundarios del proceso Pavan B1000-B600.....	82
Figura 66 Termografía de los breakers del banco de capacitores #1	83
Figura 67 Termografía de los breakers secundarios del banco de capacitores #1.....	84
Figura 68 Termografía de los breaker secundario 1 del chiller 1.....	85
Figura 69 Termografía de los breaker secundario 2 del chiller 2.....	86
Figura 70 Diagrama unifilar ETAP del circuito del trafo #1.....	95

Figura 71 Diagrama unifilar ETAP del circuito del trans #1 pos-repotenciación..... 96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Porcentajes de caída de tensión por etapa	16
Tabla 2 Tolerancia de armónicos	19
Tabla 3 Líneas de producción empresa Sucesores	21
Tabla 4 Cuadro de cargas asociadas al transformador 1	36
Tabla 5 Especificaciones del generador 1	41
Tabla 6 Tendencia de frecuencia transformador 1	50
Tabla 7 Tendencia voltaje transformador 1	51
Tabla 8 Tendencia de corriente en transformador 1	55
Tabla 9 Tendencia de potencia activa en transformador 1	56
Tabla 10 Tendencia de potencia reactiva en transformador 1	57
Tabla 11 Tendencia de potencia aparente en transformador 1	58
Tabla 12 Factor de potencia en transformador 1	59
Tabla 13 THD de voltaje en transformador 1	60
Tabla 14 THD de corriente en transformador 1	61
Tabla 15 Pst voltaje transformador 1	63
Tabla 16 Resultado de comprobación termográfica	64
Tabla 17 Base de criterios termográficos	65
Tabla 18 Parámetros de las mediciones termográficas.....	66
Tabla 19 Resultado de las mediciones termográficas de seccionadores Trafo#1	66
Tabla 20 Resultado de las mediciones termográficas de Trafo#1	67
Tabla 21 Resultado termográfico de los breakers principales de TDP.....	68
Tabla 22 Resultado termográfico del breaker principal de TDP Fava 2200	69
Tabla 23 Resultado termográfico de barras de alimentación de TDP Fava 2200	70
Tabla 24 Resultado termográfico de conexión a barras de TDP Fava 2200	71
Tabla 25 Resultado termográfico breaker principal de línea Fava 2200.....	72
Tabla 26 Resultado termográfico breaker principal 2 de línea Fava 2200.....	73
Tabla 27 Resultado termográfico breaker principal del BC Fava 2200	74
Tabla 28 Resultado termográfico breaker principal del TDP Fava 2200.....	75
Tabla 29 Resultado termografico breaker principal del BC #3.....	76
Tabla 30 Resultado termográfico breaker secundario del BC #3.....	77
Tabla 31 Resultado termográfico del breaker principal del TC empacadora Fava 2200 ..	78
Tabla 32 Resultado termográfico del breaker 1 del TC empacadora Fava 2200	79
Tabla 33 Resultado termográfico del tablero de transferencia manual	80
Tabla 34 Resultado termográfico de los breakers secundarios Pavan,B1000,B600	82

Tabla 35 Resultado termográfico de los breakers del BC #1 ...	83
Tabla 36 Resultado termográfico de los breakers secundarios del BC #1	84
Tabla 37 Resultado termográfico de los breaker secundario 1 del chiller 1.....	85
Tabla 38 Resultado termográfico de los breakers secundario 2 del chiller 2	86
Tabla 39 Resultado del redimensionamiento del circuito del transformador #1	93
Tabla 40 Flujos de energía del circuito	94
Tabla 41 Sobrecarga de dispositivos del circuito.....	95
Tabla 42 Dispositivos reemplazados del circuito.....	97
Tabla 43 Resumen de problemas encontrados	97

RESUMEN

La meta prioritaria de este trabajo es detectar posibles anomalías que contribuyan al redimensionamiento del tramo de bajo voltaje conectado al transformador #1, el cual pertenece a la empresa Sucesores J. Paredes. La inspección comienza con la revisión de la infraestructura eléctrica, que requirió visitas sobre el terreno, cuantificación de magnitudes de calidad de energía y comprobaciones termográficas.

Resulta esencial describir el estado actual del sistema eléctrico de la compañía, con el fin de comprobar el cumplimiento de las normas existentes como la ARCONEL, que se relacionan con los parámetros de calidad energía. De forma consecuente, se sometió al circuito de baja tensión del transformador #1 a un estudio termográfico basado en los requisitos de la norma ANSI/NETA ATS-2009, para identificar potenciales deficiencias, como fugas eléctricas, conexiones sueltas y sobrecargas.

El análisis indica que existen 11 protecciones que trabajan con sobrecarga. Por otro lado, la evaluación de la calidad energética reveló que los parámetros de factor de potencia, frecuencia y THD de tensión cumplen con los requisitos de la normativa. Sin embargo, el THD de corriente supera el rango permitido. Asimismo, las anomalías de voltaje son otro problema y están relacionadas con una fuente de alimentación débil.

Palabras clave: rediseño de circuito; voltaje; calidad de energía; protecciones eléctricas; sobrecarga

ABSTRACT

The main objective of this study is to detect possible anomalies that may contribute to the resizing of the low voltage section connected to transformer #1, which belongs to the company Sucesores J. Paredes. The inspection begins with a review of the electrical infrastructure, which required field visits, quantification of power quality magnitudes and thermographic checks.

It is essential to describe the current state of the company's electrical system, in order to verify compliance with existing standards such as ARCONEL, which relate to power quality parameters. Consequently, the low voltage circuit of transformer #1 was subjected to a thermographic study based on the requirements of the ANSI/NETA ATS-2009 standard, to identify potential deficiencies, such as electrical leaks, loose connections and overloads.

The analysis indicates that there are 11 protections working with overloads. On the other hand, the power quality assessment revealed that the power factor, frequency and voltage THD parameters comply with the requirements of the standard. However, the current THD exceeds the allowed range. Also, voltage anomalies are another problem and are related to a weak power supply.

Key words: circuit redesign; voltage; power quality; electrical protections; overload; power quality; overload

1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se representan los aspectos descriptivos de la investigación. Puntos como el planteamiento del problema, alcance y objetivos son desarrollados para la contextualización macro del tema de investigación.

1.1. Planteamiento del problema

En la planta industrial de la empresa Sucesores de Jacobo Paredes M. S.A, localizado en Cusubamba Oe1-17 y Av. Pedro Vicente Maldonado, Sector Guajaló, Quito-Ecuador, específicamente en su área de producción se ha detectado mediante el monitoreo en tiempo real de la entrada de alimentación a la línea Fava 2200 caídas de tensión que están por debajo de los estándares establecidos por el Arconel (Máximo 129.6 VAC y Mínimo 110.4 VAC) entre L-N, lo cual puede causar problemas en la operación correcta de la red de energía y por ende en su maquinaria, que ocasionaría pérdidas económicas.

Esta línea de producción se encuentra asociada al circuito eléctrico de baja tensión perteneciente al transformador #1, el análisis de carga eléctrica instalada a este circuito permitirá obtener la información necesaria, con la que se podría conocer las condiciones actuales de este circuito eléctrico por ende con el estudio y simulación de carga instalada se podrá determinar si la capacidad del transformador, la cargabilidad de los conductores y elementos constructivos se encuentran bien dimensionados.

1.2. Alcance

Para la realización del presente estudio se considera la cooperación del profesorado de la Universidad Politécnica Salesiana que brinda la asesoría en el proceso, facilitando los equipos necesarios para las respectivas mediciones, de igual manera con la disposición directa del personal encargado en el manejo y funcionamiento de las instalaciones de la compañía " Sucesores de Jacobo Paredes M. S.A" que facilite la recopilación de información necesaria, también los recursos financieros y materiales tendrán una inversión propia para garantizar la viabilidad y factibilidad del proyecto de investigación.

La compañía "Sucesores de Jacobo Paredes M. S.A" pretende satisfacer y garantizar la demanda de los distintos aparatos eléctricos situados en la zona de producción, esto conlleva en implementar estudios de cargabilidad que se realizará mediante un analizador de carga. De esta manera la compañía "Sucesores de Jacobo Paredes M. S.A" podrá conocer las condiciones actuales de este circuito eléctrico por ende con el estudio y simulación de carga instalada se podrá determinar si la capacidad del transformador, la cargabilidad de los conductores y elementos constructivos se encuentran bien dimensionados.

Los resultados que se obtenga en este estudio tratarán de establecer cuál será el nivel de cargabilidad que interactúe el sistema, al mismo tiempo plantear algunas estrategias de solución para atenuar las fluctuaciones de voltaje, si es necesario la repotenciación de la estructura eléctrica en baja tensión asociado al transformador #1. Así pues, se justifica la realización del este tema. La culminación del estudio presentado se lo puede realizar a cualquier línea de producción y a su transformador asociado ayudando a optimizar el uso de energía, reduciendo gastos innecesarios, ofreciendo seguridad y confiabilidad en la calidad del suministro eléctrico.

1.3. Objetivo Principal

- Analizar la carga eléctrica para la repotenciación del circuito eléctrico en baja tensión del transformador #1 de la empresa “Sucesores de J. Paredes”, mediante el estudio de datos adquiridos por un analizador de red eléctrica y la recopilación de información de los elementos constructivos actuales asociados a la red, para determinar el correcto funcionamiento del sistema eléctrico.

1.4. Objetivos específicos

- Analizar la situación actual de la red eléctrica en baja tensión del transformador #1 de la empresa, mediante un diagnóstico técnico de la carga, para determinar los parámetros actuales del sistema eléctrico.
- Conocer el estado actual del sistema eléctrico mediante la simulación en el software computacional ETAP.
- Identificar los tipos de cargas asociadas a la red.
- Determinar mediante el estudio los parámetros técnicos para la repotenciación de los componentes constructivos actuales de la red.

2. MARCO TEORICO

Ciertos conceptos técnicos asociados con el diseño de las instalaciones eléctricas requieren la comprensión de varios términos generales. Estos se relacionan con la naturaleza de las redes eléctricas empleadas en estas instalaciones. De manera que, las redes eléctricas se descomponen en dos grupos, la fuente y la carga. Asimismo, las redes externas están en la primera y las redes internas en la segunda. Además, se proporciona conceptos generales sobre el bloque fuente, pero se brinda información más detallada con respecto al bloque de carga, ya que este es el tema del presente estudio [1].

La comercialización de electricidad a los usuarios finales dentro de la franquicia la realizan las empresas distribuidoras a través de redes externas. Sin embargo, según la topología del sistema del cliente y los patrones de uso, el voltaje de la red externa puede ser de voltaje bajo o medio [1].

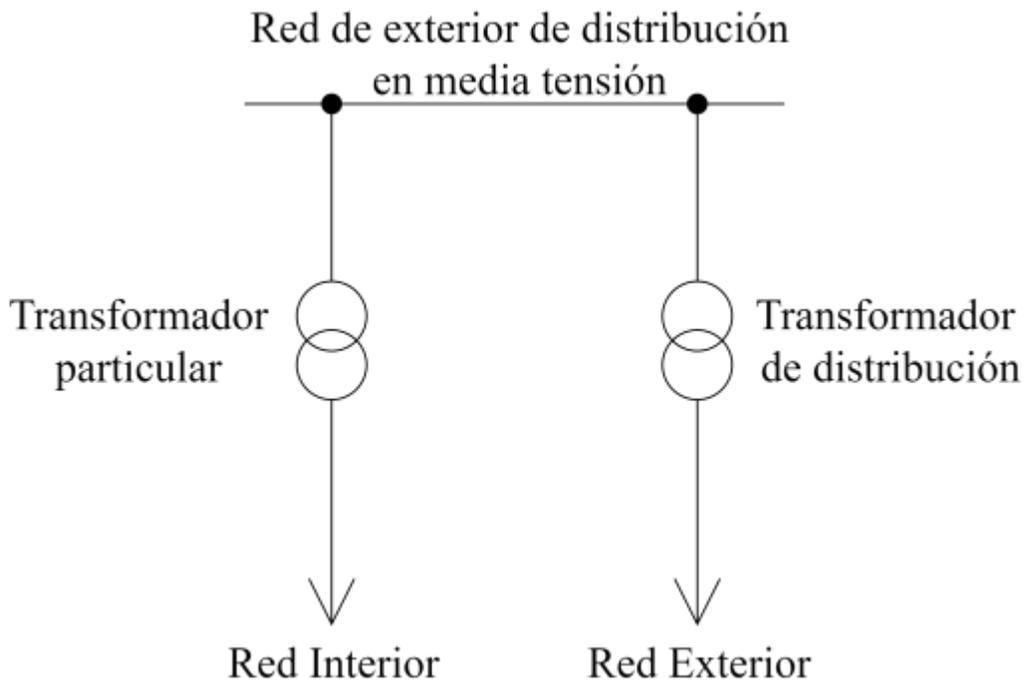


Figura 1 Sistema de suministro exterior.

Fuente: [2]

Los voltajes en la red de media tensión de Ecuador superan los 600V, con un máximo de 34,5kv en algunas regiones. Tanto una red externa de baja tensión como una interna son alimentadas por estas redes. Los únicos clientes en este escenario son aquellos que tienen un solo transformador para su conexión [3].

Las redes externas de baja tensión son aquellas que están diseñadas para abastecer a los usuarios finales y tienen una potencia de abastecimiento inferior a 600 (V). Una red de baja tensión es una red monofásica de 120/240 V en el Ecuador y sus provincias [3].

Por otro lado, las redes internas son utilizadas por el usuario final para distribuir energía eléctrica dentro de la instalación que ha sido obtenida de la red externa. Estas redes monofásicas y trifásicas suelen tener dos sistemas, una red primaria y una red secundaria, y están formadas por cableado tanto monofásico como trifásico [3].

La red principal es el conjunto de conductores que se originan en la intersección con el sistema externo de la compañía, y la red auxiliar es el conjunto de conductores que se apoyan en ella. No importa cuál sea el voltaje del cliente (medio, bajo o sin voltaje), estas redes siempre son de bajo voltaje [3].

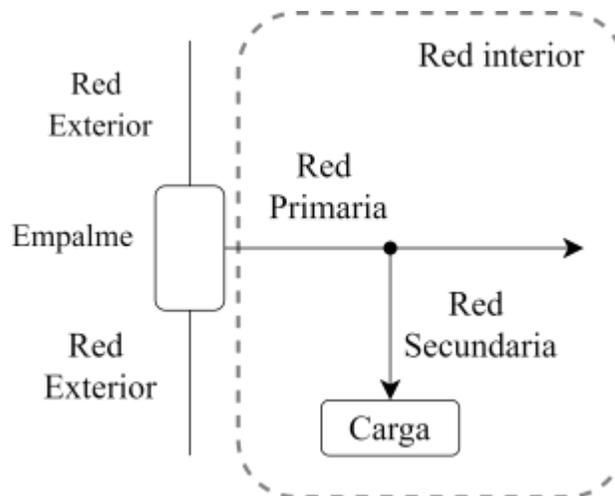


Figura 2 Red de distribución interior.
Fuente: [2]

En una red monofásica, los componentes del sistema se alimentan con sólo dos conductores (fase y neutro) y un conductor de tierra para protección (Figura 3). En esta red, los componentes primarios, secundarios y relacionados son arreglos monofásicos [4].

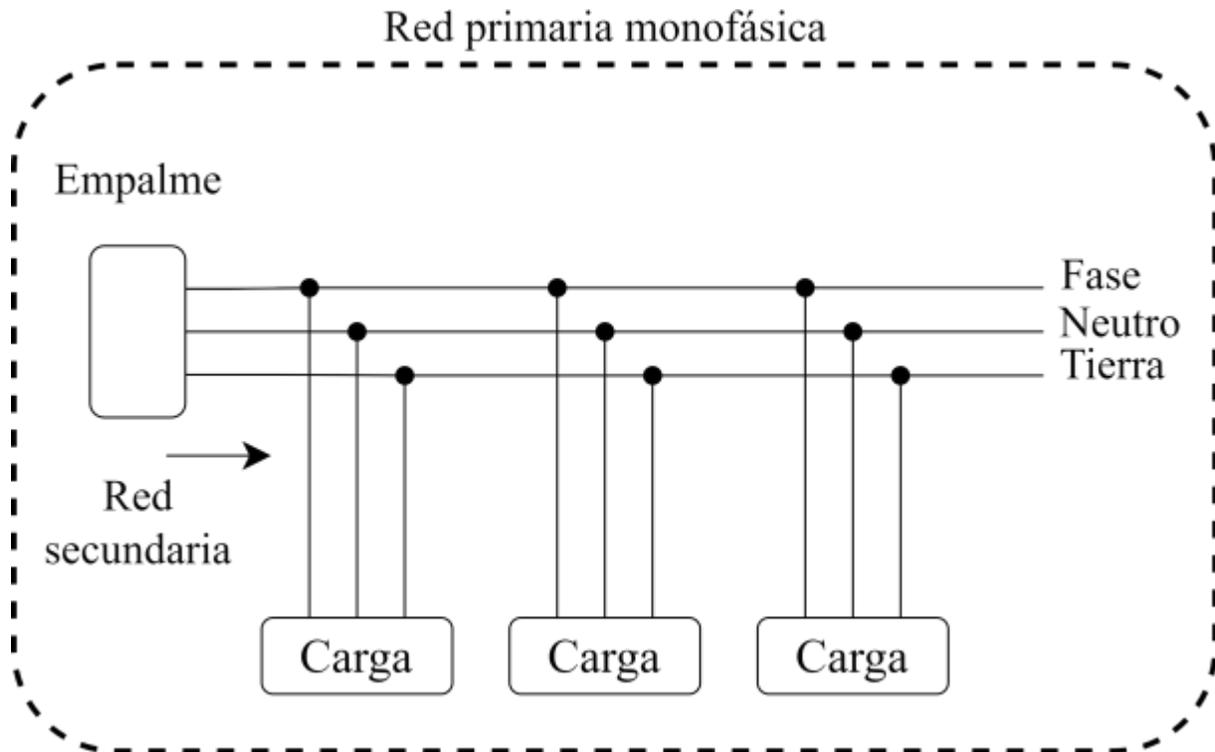


Figura 3 Red eléctrica monofásica.
Fuente: [5]

En general, las redes trifásicas se pueden clasificar como redes de hilos o de 3 hilos. En este sentido, la cantidad de fases más el neutro determina el número de conductores (no se cuenta el conductor de tierra). A diferencia de los esquemas de tres hilos, que solo tienen tres fases y un cable de tierra, los sistemas de cuatro fases son redes con cables trifásicos, un cable neutro y una tierra de protección. La red trifásica primaria, por otro lado, siempre es de cuatro hilos (ver Figura 4), mientras que la red secundaria puede ser monofásica, trifásica de 4 conductores de fase o trifásica de 3 hebras [4].

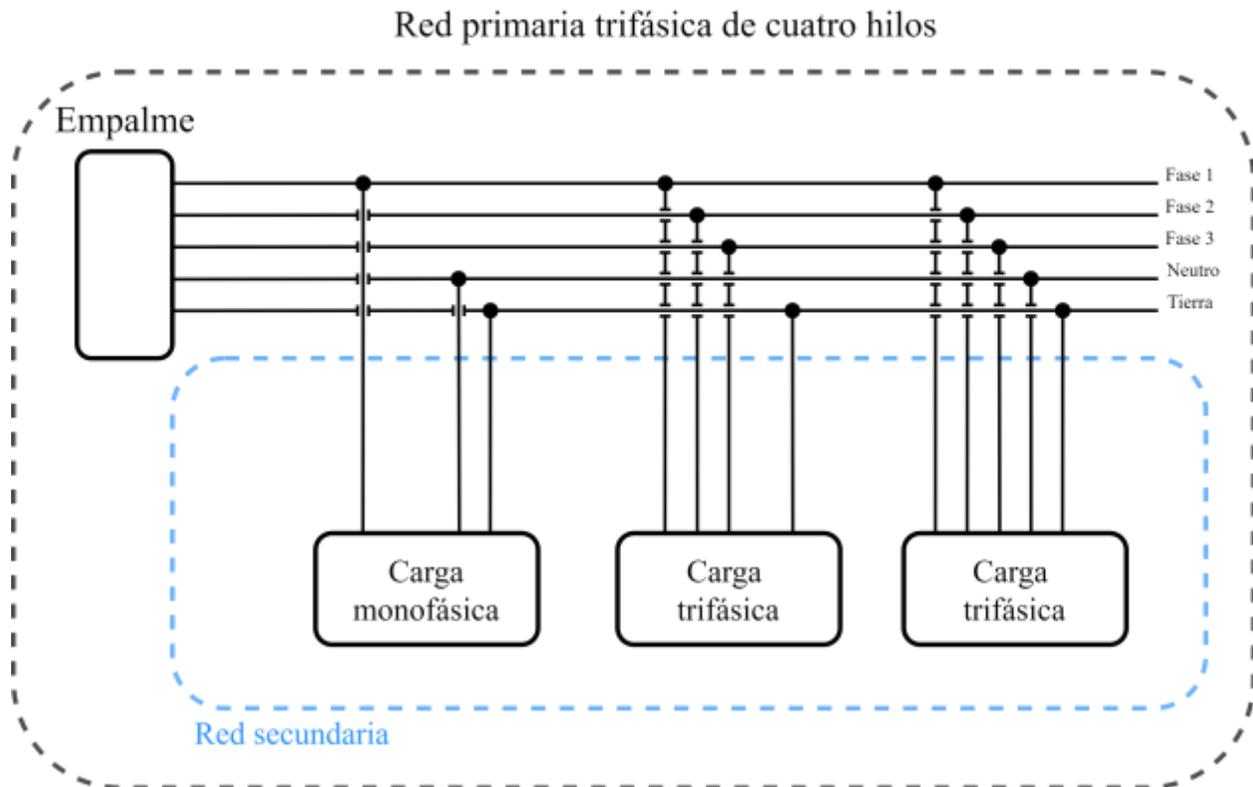


Figura 4 Esquema eléctrico de tres fases.
Fuente: [6]

2.1. Clasificación de las Instalaciones Eléctricas Interiores.

Los empalmes son la forma más común de categorizar las instalaciones eléctricas de interior. Un empalme de conductores (red interior) es un conjunto de componentes eléctricos necesarios para servir de conexión entre una instalación eléctrica interior y la red de distribución de servicios públicos (red exterior). Los empalmes de bajo voltaje y los empalmes de alto voltaje son los dos tipos de empalmes eléctricos que se pueden clasificar según su nivel de voltaje [7].

Se conoce como empalme de baja tensión a la conexión a esquemas de abastecimiento con una magnitud de voltaje inferior a 600 (V), ya sea trifásica o monofásica. Las siguientes partes se incluyen típicamente en estos empalmes:

La acometida se refiere a los conductores y conductos que unen el esquema eléctrico de empresa hasta la zona de apoyo con la caja de derivación, el cual se refiere al poste o pared de una edificación. Dependiendo de las restricciones interpuestas por el esquema de abastecimiento y la legislación local correspondiente (ordenanzas), esta conexión puede ser aérea o subterránea [7].

Para conectar el conductor de la acometida al equipo de medida y protección, los conductores y sus accesorios de plomería conocidos como "caídas" se insertan entre la caja de empalme y la pared de amarre de la conducción de la acometida. Se sabe que solo los enlaces superiores caen en este estilo. Por el contrario, en acometidas subterráneas, el canal es diferente en medio del esquema de abastecimiento y el cajetín de derivación [7].

La caja de derivación es un contenedor o gabinete metálico que alberga el medidor, la protección del circuito (termomagnético) y la regleta. Esta última permite insertar el equipo de medición para calibración y mantenimiento en caso de ser necesario [7].

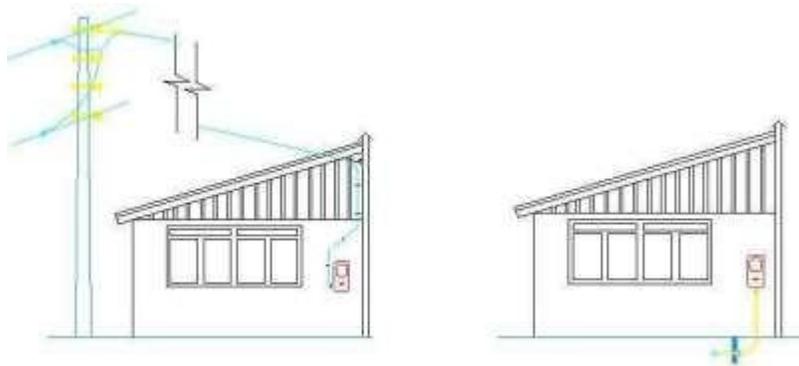


Figura 5 Empalme de baja tensión monofásico
Fuente: [6]

Las conexiones eléctricas de alto voltaje se realizan para suministrar a la red de servicios públicos un nivel de voltaje superior a 600 V (V). También existen conexiones de alta tensión a redes aéreas y subterráneas. La ubicación física del sistema de medición es la base para esta configuración [7].

Los componentes de cada red de distribución que los distinguen en sus formas cualitativa y cuantitativa serán discutidos previamente a iniciar el estudio de sus extralimitaciones e insuficiencias.

2.2. Datos técnicos del sistema de distribución

En este punto, cabe señalar que la distribución de la Empresa Eléctrica a los sectores que componen los canales de distribución se ha adaptado en función de la definición de las características de estos [8].

2.2.1. Transformador de Distribución.

Se refiere a un transformador sumergido en aceite, monofásico o trifásico, clase de distribución, tipo convencional, autor refrigerante, apto para instalación en exteriores a más de 3000 metros de altitud [9].

La potencia nominal continua varía según las proyecciones de carga y el entorno en el que se instala. Además, funciona a 30°C como temperatura ambiente y una temperatura de recalentamiento de 65°C, según lo determine la resistencia. 13800v-7960v o 13200-7620v GRD y es el voltaje primario especificado [9].

Utilizando sus KVA nominales como base, la impedancia máxima a velocidad continua es del 4 por ciento. Además, bajo conmutación sin carga con el interruptor en el exterior, las derivaciones del lado primario son +/- 2x2,5 por ciento de la relación del transformador y la tensión del secundario se ubica en el margen de 240/120 V. Con un BIL de 95 kV y un aislamiento del extremo principal de 7,8 kV, la frecuencia es de 60 Hz. Sin embargo, el aislamiento del lado secundario tiene un BIL de 30 kV y una tensión nominal de 1,2 kV [9].

El tipo de transformador y las instrucciones de uso determinarán qué accesorios son apropiados, como un indicativo de volumen de aceite, compuerta de evacuación, toma de puesta a tierra del

tanque, características de la placa y mecanismos de incremento. El tapón principal del tanque también tiene juntas y pernos para facilitar la inspección y el mantenimiento del transformador [9].

2.2.2. Equipos de protección y corte.

Los transformadores deben estar cubiertos con pararrayos de cerámica de óxido de zinc y apoyados en sus cargadores de hierro de clase "U" de distribución, diseñados para su uso a una elevación de 3000 metros, con los instrumentos de adhesión para la instalación en un soporte [10].

Con los seccionadores de fusibles de clase cubierto adecuados para el ensamblaje en barreta y su regleta de fusibles del tipo K, está protegido contra los fallos internos. Los dispositivos de seccionamiento y los descargadores están situados en el segmento elevado de la construcción, de forma específica en los aislantes de la máquina de transformación [10].

2.2.3. Equipos de iluminación pública.

Cada uno de estos dispositivos debe conectarse a un terminal de control que consiste en un cable de aluminio desnudo AWG n° 4 ASC sostenido por un soporte de cinco puntas en el aislador inferior. Si hay un sistema de distribución, se utiliza un cable de control remoto. La red de alumbrado público discurre en paralelo con la red eléctrica de baja tensión [11].

2.2.4. Aisladores

La tecnología moderna ha mejorado los métodos de construcción de aislantes, permitiendo el uso de materiales como los polímeros, que son más ligeros y fiables en el caso de los aislantes suspendidos. Por otro lado, los aisladores fabricados con porcelana tratada en húmedo tienen un alto grado de rigidez mecánica y resistencia dieléctrica. Además, se esmaltan al fuego, y las secciones metálicas de estos aisladores se someten a una galvanización en caliente. Entre los que se distinguen: aisladores tipo espiga, aisladores de suspensión, aisladores rollo y retenida [12].

Los aisladores del tipo espiga se emplean en construcciones tangenciales y angulares para redes de distribución de media tensión, además, tienen la capacidad de manejar 7960 voltios (Figura 6).

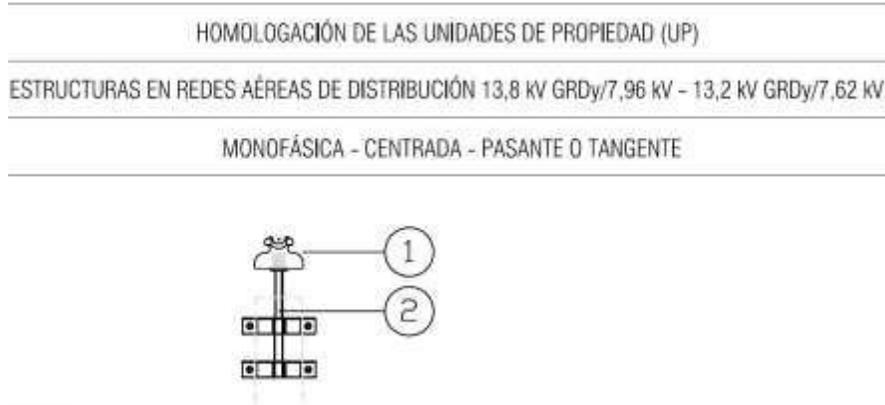


Figura 6 Aislador tipo espiga
Fuente: [6]

Los aislantes de caucho siliconados que se utilizan en la actualidad y que se ajustan con el estándar ANSI DS-15, el cual, cuenta con certificación MERR se identifican como aislantes de suspensión. Estos a veces se conocen como cadenas, ya que se unen en función del nivel de tensión para crear una cadena de dos o más aislantes (Figura 7).

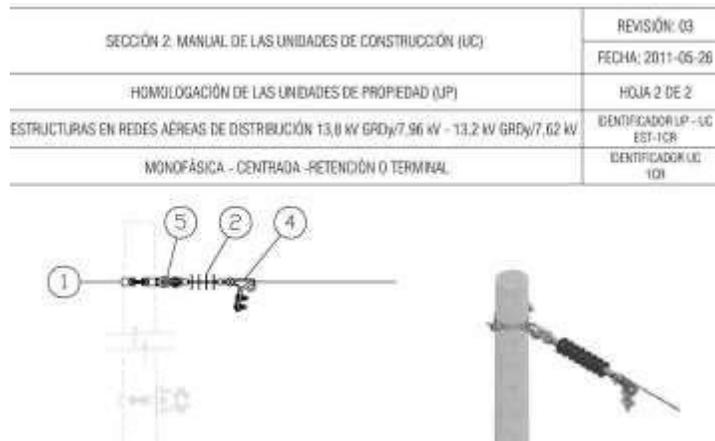


Figura 7 Aislador tipo suspensión
Fuente: [6]

Los aisladores en rollo se aplican en los sistemas de baja tensión. Asimismo, tienen cables unidos en disposiciones de un neutro y 3 fases, más un conductor piloto (Figura 8). También se ajustan con los requisitos de la regulación ANSI 53-2 asociada a los 0,25 kV [12].

SECCIÓN 2: MANUAL DE LAS UNIDADES DE CONSTRUCCIÓN (UC)	REVISIÓN: 03
	FECHA: 2011-05-26
HOMOLOGACIÓN DE LAS UNIDADES DE PROPIEDAD (UP)	HOJA 2 DE 2
ESTRUCTURAS EN REDES AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN 240/120 V - 220/127 V - 210/121 V - 208/120 V	IDENTIFICADOR UP - UC ESD-3EP
TRES VÍAS - VERTICAL - PASANTE O TANGENTE, ANGULAR	IDENTIFICADOR UC 3EP

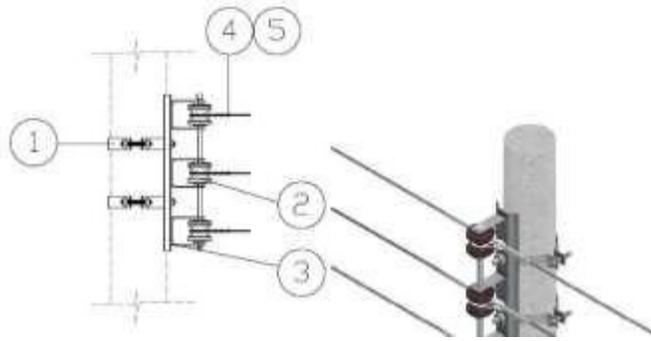


Figura 8 Aislador tipo rollo
Fuente: [13]

Los aisladores tipo retenida se emplean en los tensores de media tensión, donde protegen contra las descargas potenciales y cumplen los requisitos de 6,3 kV de la norma ANSI 54-2 (Figura 9) [12].



Figura 9 Aislador de retenida
Fuente: [14]

2.2.5. Conductores Desnudos

Los conductores de aluminio desnudo se emplean en las redes de distribución aérea y pueden contener mezclas como hebras de aluminio descubierto (ASC) e hilos de aluminio-acero sin recubrimiento (ACSR) [15].

2.2.6. Sistema de medio voltaje

Cada hebra es de aluminio descubierto y se cablea con siete hilos concéntricos. Se compone de tres conductores en algunos casos, que se vinculan a circuitos trifásicos, y de dos conductores de fase a 7.620 voltios en otros, que se conectan a circuitos secundarios monofásicos y cargas dispersas.

2.2.7. Red de baja tensión

Se refiere a una red de baja tensión con ramificaciones procedentes de puntos intermedios, que se extienden desde el central de transición hasta el borde más lejano. Además, esta red consta de conductores desnudos en las estructuras de soporte y se compone de tres de estos: 2 fases ASCR #2 AWG y una hebra de neutro ASCR #4 AWG. En contraste, se tiene un total de 7 hilos soldados concéntricamente en cada conductor de aluminio desnudo [16].

2.2.8. Cables con aislamiento y complementarios

Se trata de conductos de cobre electrolíticos que se someten a un proceso de recocido y templado según la disposición ASTM B3; los conductores de la instalación eléctrica deben ser concéntricos, de manera que se ajuste a la norma ASTM clase B, ya que la EEQSA prohíbe la instalación de conductores fuera de estos límites. Estos conductores pueden encontrarse en cualquier esquema destinado al abastecimiento en las conexiones de los equipos de control, las vinculaciones de baja tensión y los bajantes de los transformadores [12].

2.2.9. Complementarios para cables

Entre los elementos complementarios de vinculación y establecimiento de los cables, que se refieren a adaptación con clavija o de tipo prefabricado, existen conectores de ranura paralela de Al/Al y Cu/Al. La primera sirve para unir los conductores de aluminio, mientras, la segunda se emplea con el fin de conectar las farolas al cable piloto a la hebra de bajo voltaje [17].

2.2.10. Material para Conexión a Tierra

Para la toma de tierra se emplean varillas y conectores Copperweld contruidos con el mismo material de las uniones. Estas se producen utilizando la soldadura exotérmica Cadweld para la varilla del cable de conexión [18].

2.2.11. Postes

La siguiente lista describe los postes circulares de hormigón que componen la red de distribución:

- a) Los postes con una carga horizontal de 500 kg y una altura de 11,5 m se emplean para soportar las redes de media y baja tensión, así como las estructuras terminales, los ángulos superiores a 10 grados, los conjuntos de equipos y los transformadores.
- b) Se utiliza para transportar redes de media y baja tensión en construcciones tangentes y en ángulos inferiores a 10 grados y tiene postes de 11,5 metros de longitud y una carga horizontal de 300 kg.
- c) Los postes con una carga horizontal de 500 kg y una altura de 9 metros se utilizan en estructuras terminales y en ángulos superiores a 10 grados para soportar redes de baja tensión.

- d) En las redes de baja tensión, se emplean postes con una carga horizontal de 350 kg en estructuras tangentes y en ángulos inferiores a 10 grados.

2.2.12. Herrajes Galvanizados y Cables de Acero

Todos estos materiales están formados por hierro y sus aleaciones, sean o no maleables.

- a) Los herrajes están contruidos con acero para puentes y edificios, además cumplen las normas ASTM A7-55T. Todos los materiales se completan con el método de galvanización en caliente.
- b) Los herrajes se construyen con acero para puentes y edificios, además cumplen las normas ASTM A7-55T. Todos los materiales se completan con el método de galvanización en caliente.
- c) Los cables de acero son de alta resistencia y cumplen los requisitos de ASTM A122-41 y A128-41. Siempre están conectados con 7 hilos elementales dispuestos en un patrón concéntrico.
- d) En los misceláneos se consideran todos los materiales que no se incluyen en un esquema normalizado, como los postes tensores, los tubos de los postes de bajada y rieles.

2.3. Teoría de las instalaciones de media y baja tensión

El reglamento 004-01 del CONELEC especifica el nivel de tensión, las perturbaciones y el factor de potencia (fp) como los elementos técnicos de calidad del producto que deben ser gestionados, siendo el distribuidor responsable de cumplir con los mismos aspectos que se enumeran a continuación:

Nivel de voltaje

Es la diferencia entre la tensión nominal de la red y las especificaciones exigidas por el CONELEC, que se determina mediante el índice de calidad [17]:

$$\Delta V_K (\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} * 100$$

Por consiguiente:

ΔV_k indica la variación de la tensión en el transcurso de un período k de 10 minutos en el lugar de medición.

V_k se refiere a la medición de la tensión efectiva (rms) en cada periodo de medición k de 10 minutos.

V_n es la tensión nominal en el punto de medición.

Las restricciones impuestas por el CONELEC permiten que las empresas de distribución se ajusten a los estándares de calidad del servicio, como lo demuestra la norma establecida en la disposición transitoria segunda del reglamento de prestación del servicio eléctrico, que también especifica las siguientes sub-etapas para la etapa final: la sub-etapa 1 de 24 meses; la sub-etapa 2, que comenzará al concluir la sub-etapa 1 y durará indefinidamente [19].

Tabla 1 Porcentajes de caída de tensión por etapa

Voltajes	Subetapa 1(%)	Subetapa 2(%)
Alto voltaje	7	5
Medio voltaje	10	8
Bajo voltaje áreas urbanas	10	8
Bajo voltaje áreas rurales	13	10

Nota:
Fuente: [20]

Parpadeo (Flicker)

Es un fenómeno en el que la tensión fluctúa con una amplitud modesta, a menudo inferior al 10% de la tensión nominal, y puede repetirse varias veces por segundo. Este fenómeno, conocido como efecto flicker (parpadeo), provoca una fluctuación de la luminosidad de las lámparas a una frecuencia detectable por el ojo humano. Con el fin de evaluar el fenómeno flicker, se toma en cuenta la severidad del parpadeo corto (P_{st}) en periodos de 10 minutos. Este último se precisa de acuerdo con las normas IEC, que viene determinada por la siguiente expresión [33].

$$P_{st} = \sqrt{0.0314P_{0.1} + 0.0525P_1 + 0.0657P_3 + 0.28P_{10} + 0.08P_{50}}$$

Donde:

P_{st} es el índice de gravedad del parpadeo de corta duración.

$P_{0.1}, P_1, P_3, P_{10}, P_{50}$ se refiere a la superación de los umbrales del efecto flicker durante el 0,1%, el 1%, el 3%, el 10% y el 50% de toda la duración de la observación.

En cada punto de medición, la unidad no debe ser superior al límite de severidad del parpadeo P_{st} . Dado que, se cree que la mayor variación de brillo que el ojo humano puede soportar sin sentirse incómodo está en el límite $P_{st}=1$.

Armónicos

Estos poseen frecuencias que son sinusoidales, coincidiendo con un múltiplo completo de la frecuencia fundamental del sistema, que es de 60 Hz. El cual viene dado por la siguiente expresión [21] .

$$v_i = \left(\frac{V_i}{V_n}\right) * 100$$

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{40} (V_i)^2}}{V_n} * 100$$

Por consiguiente:

V_i se refiere al factor de distorsión armónica individual de la tensión.

$THDv$ significa distorsión armónica total, en [%]

V_i es el valor efectivo de la tensión armónica (rms) para $i=2-40$, expuesto en [V]

V_n corresponde a la tensión nominal del punto de medición, descrito en [V].

El valor RMS y THD de cada tensión armónica se representan como un porcentaje de la tensión nominal en cada punto de medición. Estos deben estar dentro de los valores límite indicados en la Tabla 2. En este sentido, los armónicos comprendidos entre el segundo y el cuarenta y uno armónico son los que se tienen en cuenta [33].

Tabla 2 Tolerancia de armónicos

Orden (n) de la Armónica y THD	Tolerancia V_i' o THD (% respecto al voltaje nominal del punto de medición)	
	$V > 40 \text{ kV}$ Otros puntos	$V \leq 40 \text{ kV}$ Transformadores de distribución
Impares no múltiplos de tres		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
> 25	$0.1 + 0.6 * 25/n$	$0.2 + 1.3 * 25/n$
Impares múltiplos de 3		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
> 21	0.2	0.2
Pares		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
> 12	0.2	0.5
THD	3.0	8.0

Nota:

Fuente: [17]

Factor de potencia

Explica la relación entre la potencia percibida (VA) y la potencia activa (W), que nos indica cuánta energía eléctrica se utiliza realmente con fines productivos. El factor de potencia es una medida de la utilización de la energía eléctrica. Puede tener un valor entre 0 y 1, donde 1 denota un uso óptimo de la energía [17].

A continuación, se enumeran algunas razones por las que un factor de potencia es bajo: la presencia de muchos motores; el mal estado físico de la red eléctrica; y la infrautilización de la capacidad instalada de los equipos electromecánicos.

En contraste, el consumidor no satisface el índice de calidad si, durante el 5% o más del periodo de evaluación, el valor del factor de potencia es inferior al nivel permitido. Solamente se admite que el factor de potencia tenga un valor mínimo de 0,92 [17].

3. INSPECCIÓN TÉCNICA

3.1. Identificación de líneas de producción alimentados por el transformador 1

La planta industrial donde se realiza el estudio se localiza en el cantón Quito, parroquia Solanda, sector Guajaló. El área de producción pastificio cuenta con 7 líneas de fabricación de pasta de tipo prensada y laminada, misma que tiene una producción promedio a plena carga de, 5930 kg por hora de pasta. Este valor puede variar de acuerdo con el formato de pasta producida y a los pedidos.

Las líneas de producción de esta empresa constan de tecnología de diferentes proveedores como son Bühler, que emplea tecnología de origen suizo. Fava y Pavan disponen de equipos de origen italiana. En este sentido, el correcto montaje mecánico, eléctrico, neumático y de servicios técnicos de las líneas de producción, en su momento se realizó bajo las especificaciones técnicas de cada proveedor. En la Tabla 3 se detallan los equipos de la línea de producción, así como su cumplimiento por hora. Asimismo, en las Figuras 10 y 11 se expone el esquema general del procedimiento de fabricación en las líneas de producción.

Tabla 3 Líneas de producción empresa Sucesores

Línea de producción	Producción Kg/h
Fava 2200	2000
Bühler 1000	400-500-850
Bühler 600	530-600
Fava pasta corta	800-980
Pavan	500
Fava pasta larga	800-1000
Glutenada	250

Nota:

Fuente: Autor

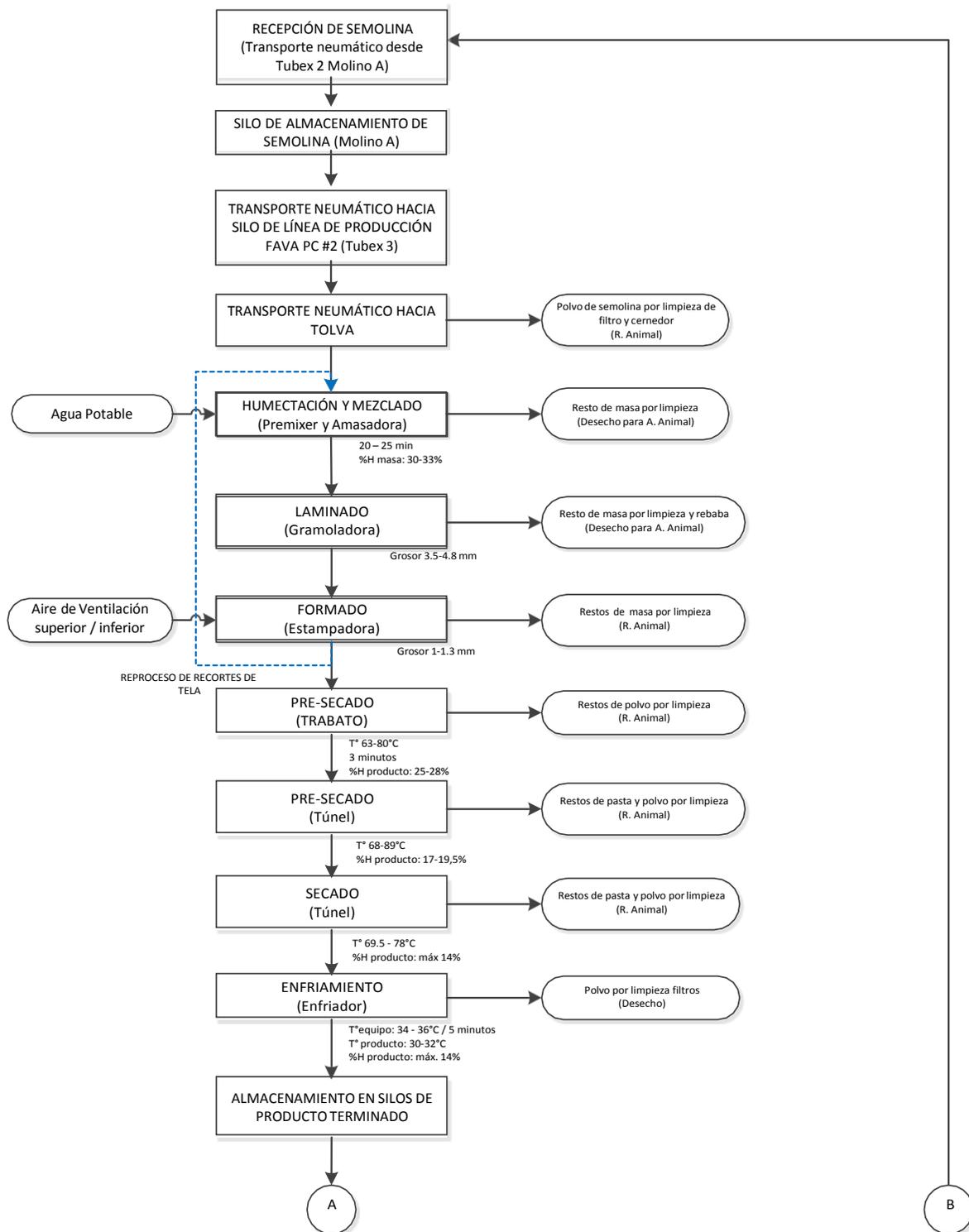


Figura 10 Diagrama de proceso de manufactura A
Fuente: autor

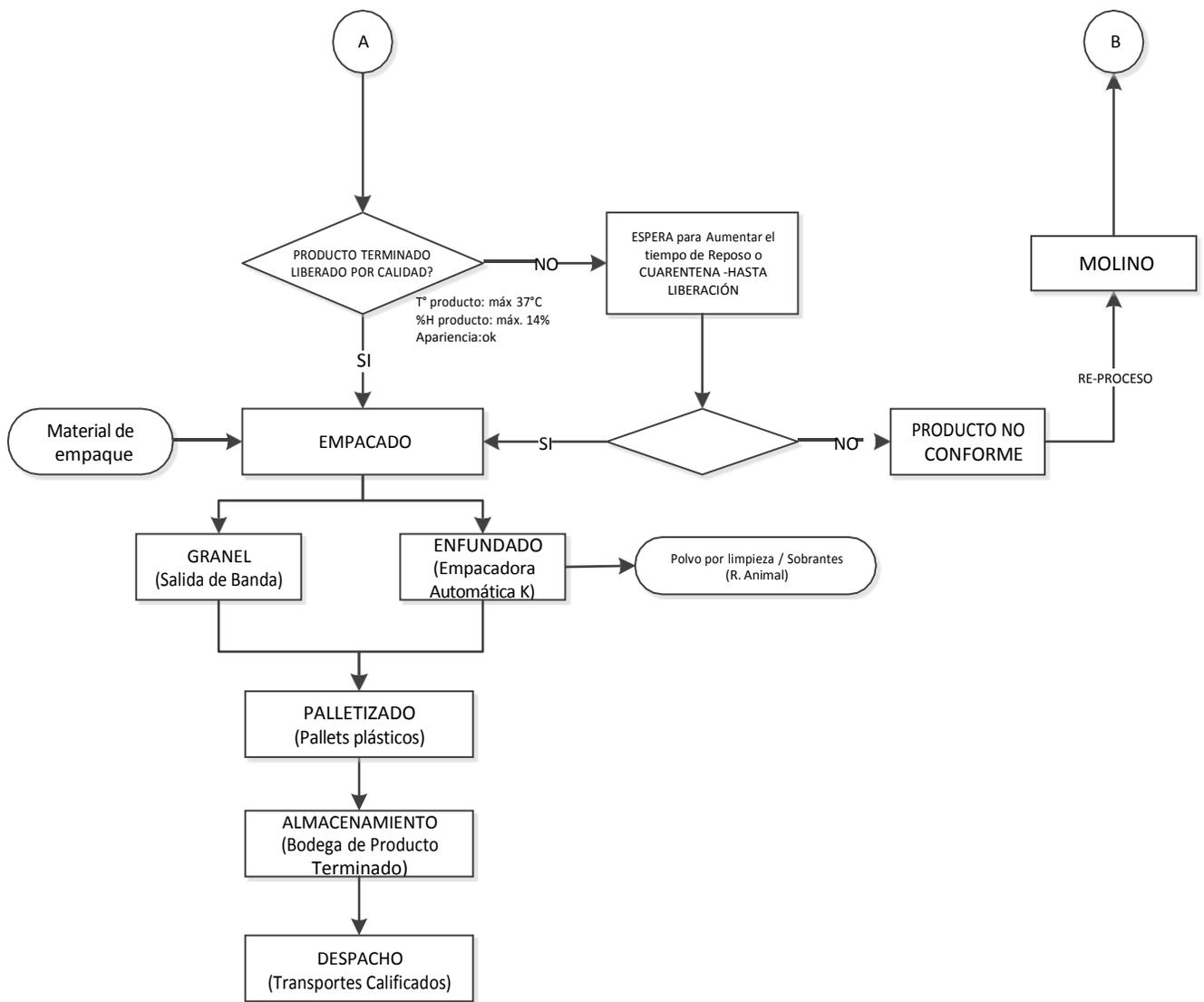


Figura 11 Diagrama de proceso de manufactura B

Fuente: autor

3.1.1. Fava 2200

La línea de producción Fava 2200 (Figura 12), de origen italiano tiene una producción de 2200kg de pasta por hora. El proceso de manufactura de la línea está compuesto por las siguientes etapas: Silo; Tolva de recepción; sistema de dosificación; premixe; amasadora; extrusión y formado; cartrapel; trabato; elevador de cangilones; presecador; túnel de secada; enfriador; silo de producto terminado; y sistema de empackado. En lo sucesivo se presenta las definiciones generales de cada etapa.



Figura 12 Línea de producción Fava 2200

Fuente: autor

Silo: es un contenedor cilíndrico, herméticamente cerrado donde se almacena el producto básico para la fabricación de pasta (semolina).

Tolva de recepción: recipiente metálico y una cuba de paletas que evita el atascamiento de la semolina, dispone de un sistema de aspiración que es útil para evitar fugas durante la descarga.

Sistema de dosificación: la función de este sistema de dosificación es preparar cantidades predeterminadas de agua (L/H) y semolina (Kg/H) en un periodo de tiempo.

Premixer: es un pre-mezclador en acero inoxidable diseñado para la mezcla de semolina con agua, además, está equipado con un tornillo sinfín montado horizontalmente. Este es adecuado para brindar la correcta proporción de los ingredientes sólidos y líquidos, ayudando así a minimizar la formación de grumos.

Amasadora: es una máquina destinada al amasado del producto previamente dosificado hasta obtener una mezcla uniforme y una humedad promedio. En este sentido, el amasado se realiza en vacío, es decir que la masa este en ausencia de aire mediante una bomba de vacío que se encarga de extraer moléculas de oxígeno.

Extrusión y formado: este proceso se realiza en una cámara cilíndrica en donde un tornillo sin fin (principal) empuja la masa hacia el molde para darle forma a la pasta. Por consiguiente, se emplea altas presiones dependiendo del producto a producirse.

Cartrape: es una máquina de corte automático, que posee un grupo de cuchillas y sistema de ventilación. El corte está regulado en función del tipo de producto a fabricar.

Trabato: se trata de una máquina de presecado rápido cuya función principal es determinar la forma de la pasta, disminuyendo la humedad superficial del producto en menos de 5 minutos aplicando temperaturas entre 75 a 100 °C.

Elevador de cangilones: es un conjunto de recipientes a modo de cubos unidos a una cadena, que se emplea para transportar el producto de una zona a otra.

Procesador: corresponde a las tres primeras cintas del túnel donde el fideo es secado hasta alcanzar la humedad final. Este proceso se controla mediante una sonda retrónica que regula la temperatura y humedad con un sistema de conversión análogo digital.

Túnel del de secado: este proceso consiste en secar la pasta hasta alcanzar la humedad final establecida por los estándares de calidad. Asimismo, está controlado por 1 sonda rotronic que regula la temperatura y humedad con un sistema de conversión análogo digital. Cada sección está equipada con unidades de ventilación, intercambiadores de calor y estaciones de extracción de aire para garantizar un control exhaustivo de temperatura y humedad en todos los puntos del secador, con lo cual se asegura un óptimo secado de la pasta.

Enfriador: en este el proceso de enfriamiento es garantizado por el paso del aire frío a 28°C que, al envolver completamente el producto, lleva la humedad relativa de la pasta al valor prefijado.

Silos de producto terminado: esta línea de producción dispone de 4 contenedores rectangulares, herméticamente cerrados donde se almacena la pasta cuya capacidad está definida automáticamente mediante sensores de llenado (90% llenado nivel máximo).

Sistema de empacado está constituido por equipos de marca Martini para cumplir el siguiente proceso de los silos de producto terminado. En este punto, el producto es transportado mediante una cinta transportadora hacia una pesadora digital multicabezal, luego de esto pasa por un empacador vertical continua y finalmente pasa por una cinta de salida obteniendo así el producto final empacado. El diagrama de flujo del proceso de fabricación de la línea Fava 2200 se muestra en la Figura 13.

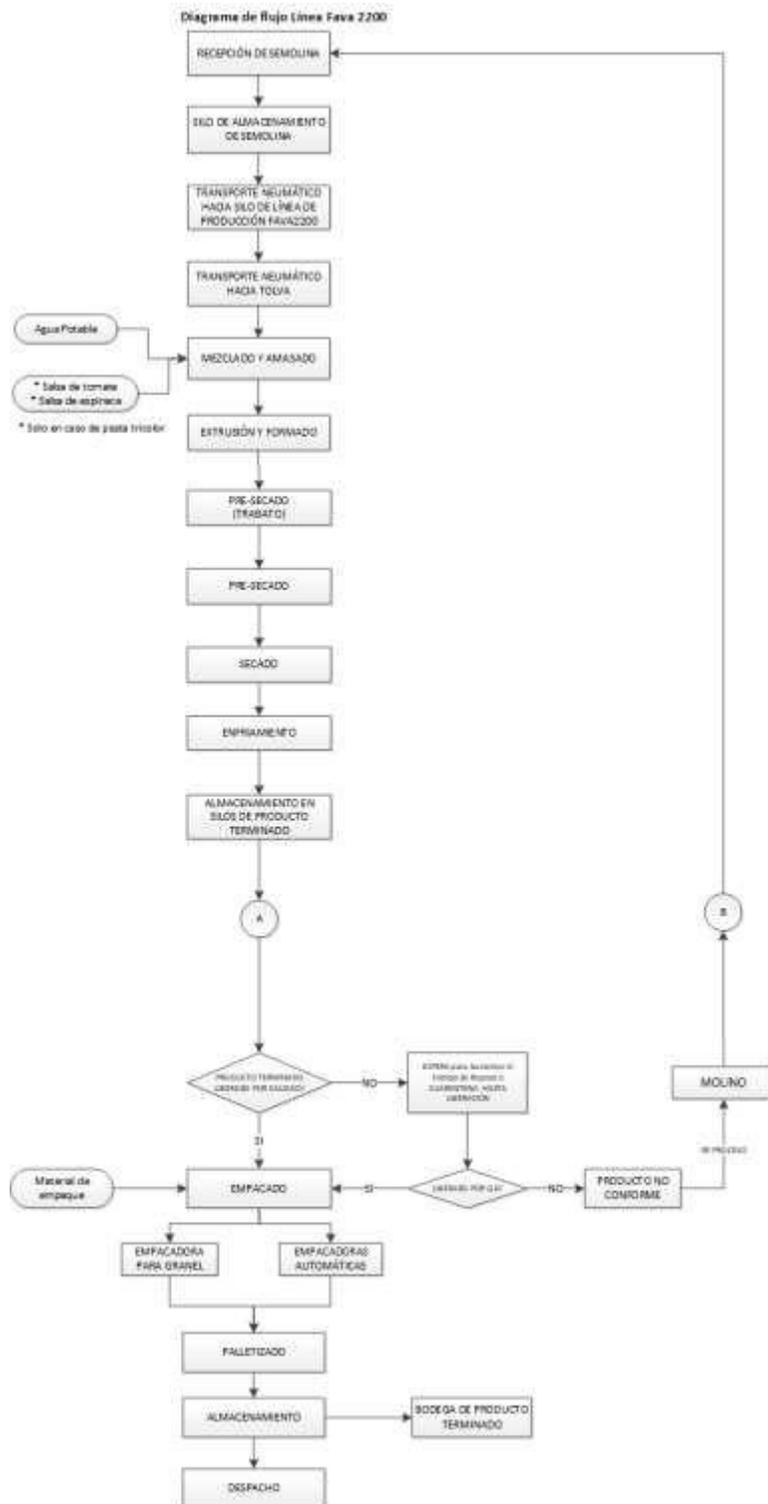


Figura 13 Esquema de secuencia línea de producción Fava 2200
Fuente: autor

3.1.2. Pavan

La línea de producción Pavan, de origen italiano tiene una producción de 500kg de pasta por hora (Figura 14). El proceso de manufactura de la línea está compuesto por las siguientes etapas: silo; tolva de recepción; sistema de dosificación; premixe; amasadora; extrusión y formado; presecador; túnel de secado; enfriador y sistema de empaçado (Figura 15).



Figura 14 Línea de producción Pavan

Fuente: autor

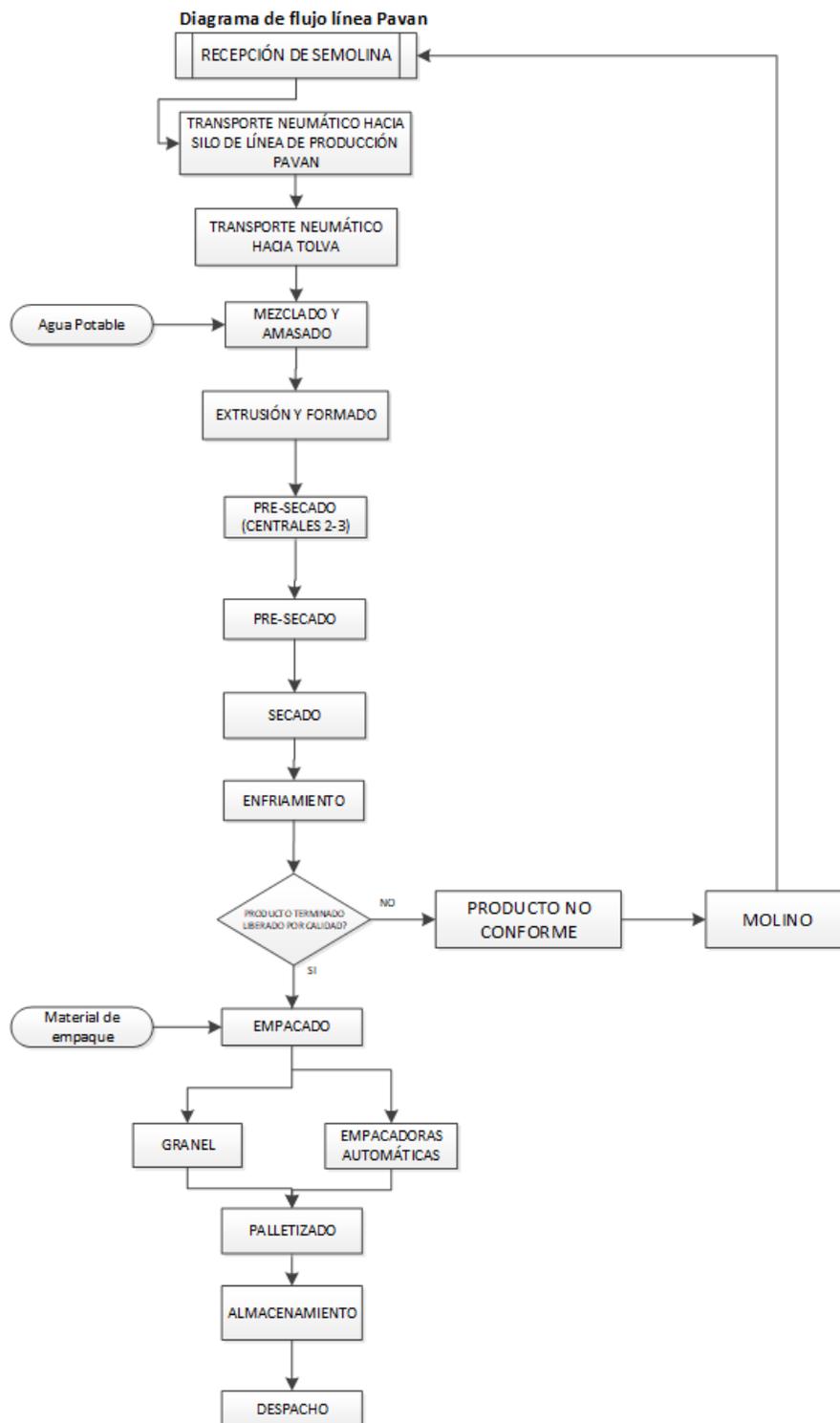


Figura 15 Diagrama de flujo de línea de producción Pavan
Fuente: autor

3.1.3. Línea B1000

La línea de producción B1000, de origen suizo tiene una producción de 1000kg de pasta por hora (Figura 16). El proceso de manufactura de la línea está compuesto por las siguientes etapas (Figura 17): silo; tolva de recepción con rotoflow; membrana de aspiración y balanza; premixer; amasadora; rosca al vacío y rosca principal; campana; laminadoras; estampadoras (VELLO NICCOLAI TRAFILE); trabato; elevadores de canjilones; túnel de secado; enfriador; silo de producto terminado; sistema de empaclado.



Figura 16 Línea de producción B1000
Fuente: autor

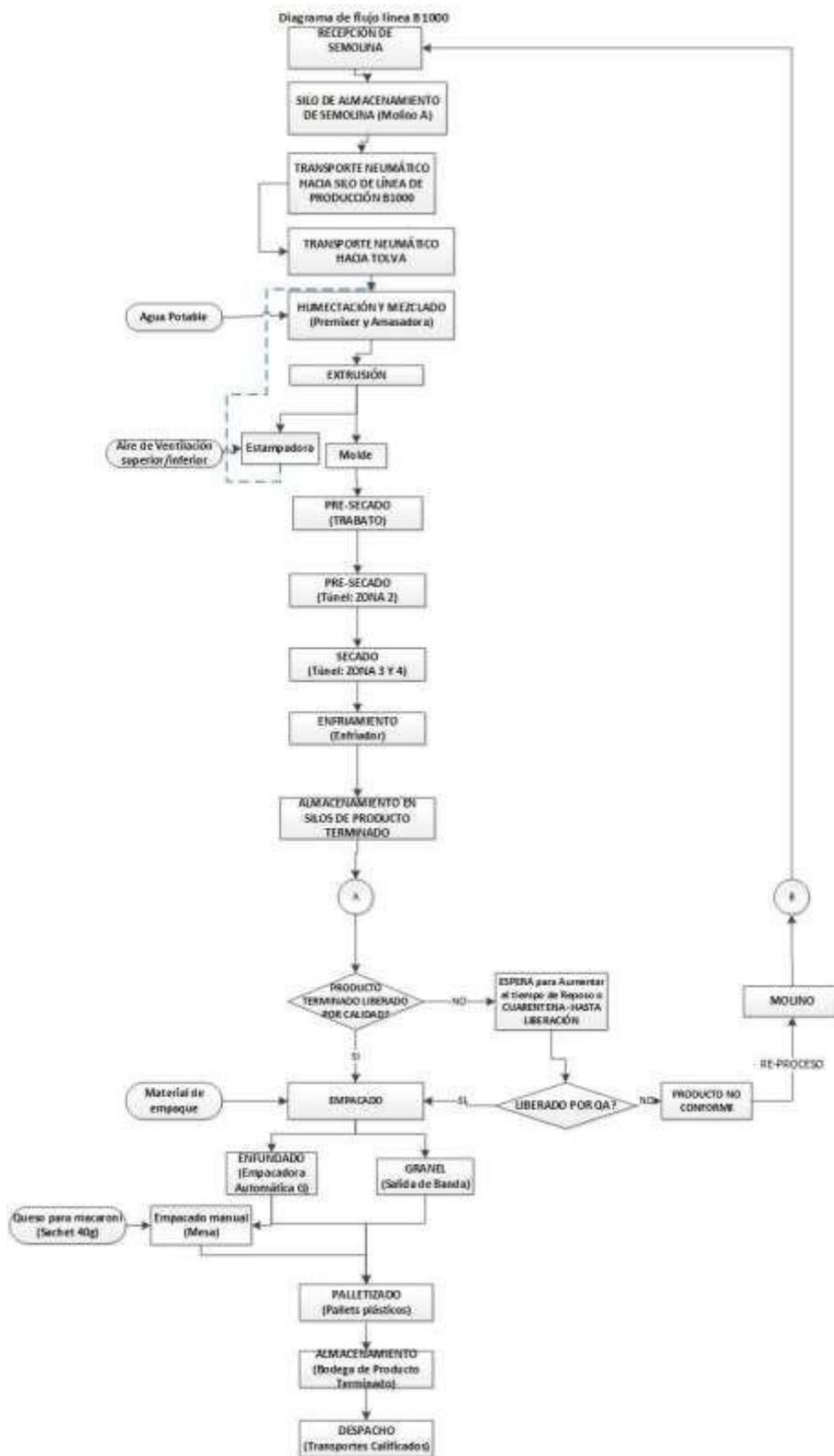


Figura 17 Diagrama de flujo de línea de producción B1000

Fuente: autor

3.1.4. Línea B600

La línea de producción B600, de origen suizo tiene una producción de 600kg de pasta por hora (Figura 18). El proceso de manufactura de la línea está compuesto por las siguientes etapas (Figura 19): silo; tolva de recepción con rotoflow; sistema de aspiración; sistema de dosificación; premixer; amasadora; tornillo sin fin; gramoladoras; laminadoras; estampadoras; troquelado; moldeado; trabato; elevadores de canjilones; túnel de secado.; silo de producto terminado; sistema de empaclado.



Figura 18 Línea de producción B600
Fuente: autor

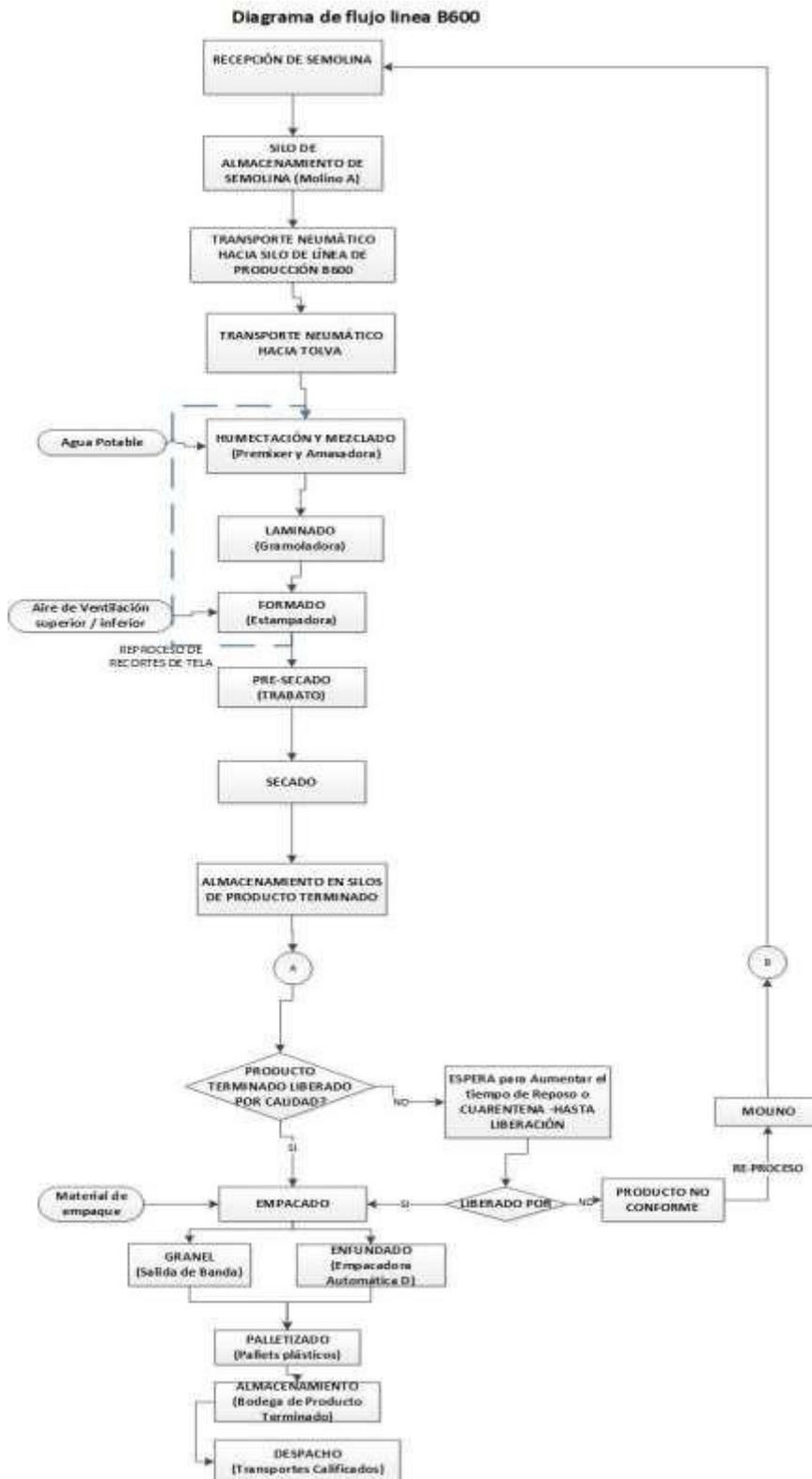


Figura 19 Diagrama de flujo de línea de producción B600

Fuente: autor

3.1.5. Pavan empacadora

El sistema de empaçado automático utilizado en la línea de producción Pavan está conformado por máquinas de marca Martini srl y Richarelli. Estas empacadoras y pesadoras son instrumentos de alta precisión. Las cuales se modelan según las necesidades de cada realidad productiva individual.

Este sistema está compuesto por 2 empacadores verticales continuos; dos pesadoras digitales multicabezal; cinta transportadora; y dos cintas de salida. Asimismo, el proceso de empaçado a granel posee un tobogán de caída hacia una zaranda vibradora para el empaçado de cajas de 10kg (Figura 20).



Figura 20 Empacadora Pavan
Fuente: autor

3.1.6. Empacadora Fava 2200

El sistema de empaçado automático que se utiliza en la línea de producción Fava 2200 se compone de máquinas de marca Martini srl, con más de cuarenta años de historia, por lo que se ha consolidado como protagonista en el sector del embalaje industrial. Las empacadoras y pesadoras de martini son instrumentos de alta precisión, que se modelan según las necesidades de cada realidad productiva individual.

También se incluyen en este sistema, dos empacadores verticales continuas; dos pesadoras digitales multicabezales y una cinta transportadora con dos cintas de salida. El procedimiento de envasado a granel también incluye un codificador, una cosedora y una cinta de salida automatizada (Figura 21).



Figura 21 Empacadora Fava 2200
Fuente: autor

3.1.7. Banco capacitores fava 2200

El sistema consta de un banco de capacitores con carga especial de 180Kvar en el sistema eléctrico conectado a la línea de producción fava 2200. Todo esto se hace en un esfuerzo por aumentar el factor de potencia mientras se mantiene dentro de los parámetros establecidos por la norma.

3.1.8. Banco Capacitores pavan

El sistema eléctrico asociado al resto de líneas de producción y equipos auxiliares cuenta con la presencia de un banco de capacitores con una carga especial de 180Kvar. Todo esto con el propósito de mejorar el fp y mantenerlo en los límites determinado por la norma.

En base a las líneas de producción antes expuestas es posible realizar un cuadro de cargas asociadas al transformador 1 (Tabla 4). Con la cual se registra la potencia activa y reactiva que proporciona el transformador a la carga, que consta de toda la maquinaria de producción.

Tabla 4 Cuadro de cargas asociadas al transformador 1

Línea de producción o equipo.	Carga	
	P (kW)	Q (Kvar)
Fava 2200	280	
B1000	136	
B600	94	
Pavan	139	
Banco Capacitores 1		180
Banco Capacitores 2		154
Chiller 1	0,953	
Chiller 2	0,338	
Empacadora Pavan	32	
Empacadora Fava 2200	29,95	
Total	712,241	334

Nota:

Fuente: autor

De acuerdo con la Tabla 4 se evidencia que la Fava 2200 es el equipo que mayor potencia activa demanda, mientras que el Chiller 2 es la línea de producción que menor potencia requiere. Además, energía activa es de 680.241 kW, mientras que, la energía reactiva es 334 Kvar.

3.2. Descripción del sistema eléctrico asociado al transformador #1

La zona de producción de pasta de Sucesores de J Paredes M.S. se abastece de energía eléctrica a través de la red de distribución del sistema primario (Figura 22). Esta se conforma por el alimentado 21C que se deriva de la subestación Epiclachima ubicado en la dirección (QUISAPINCHA Y PSJE. S20C), el cual se conecta hacia el primario del transformador mediante una terna de conductores de cobre No.2, tipo AWG de 25 kv más un neutro de cobre desnudo No.2 AWG que ingresan de forma aérea hasta una caja de pase de hormigón. Desde este punto pasan por medio de ductos subterráneos hasta llegar al cuarto de transformación No.1 de la empresa Sucesores de J Paredes

M.S.A, y luego de su paso por seccionadores y dispositivos de medición indirecta. De esta forma, se puede tener mediciones para el contador de energía que se ubica dentro de la empresa en el área del generador, las características del contador de energía se detallan después.



Figura 22 Líneas de MT asociadas al transformador #1
Fuente: autor

Por otro lado, se exponen los parámetros de las líneas de MT/ BT subterráneas asociadas al transformador #1

El seccionador fusible posee las siguientes características:

- Alimentador: 1400210V0C
- Placa: 100455
- Fase Conexión: 7

- Voltaje: 23000 V

El tamo subterráneo entrada MT al transformador indica las siguientes características:

- Alimentador: 1400210V0C
- Fases de Conexión: 7
- Voltaje: 23000 V
- Código conductor fase: Coo0113
- Código conductor fase: Coo0113

El tamo subterráneo salida BT al transformador se expone las siguientes características:

- Alimentador: 1400210V0C
- Fases de Conexión: 7
- Voltaje: 220 V
- Código conductor fase: COO072
- Código conductor fase: COO0275

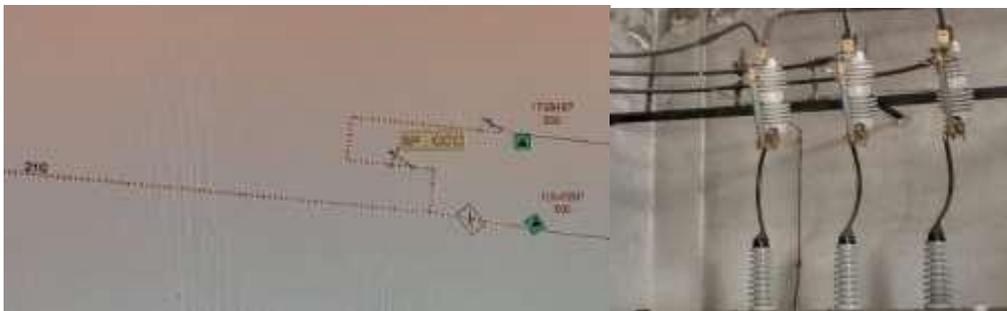


Figura 23 Líneas de MT/BT subterráneas asociadas transformador #1
Fuente: autor

3.2.1. Registrador de energía

Es aquel que dispone el sistema de medición de la Empresa Eléctrica Quito (EEQ) en la compañía Sucesores de J Paredes M.S.A (Figura 24), es un medidor electrónico trifásico multifuncional que tiene las siguientes características:

- Marca: ELSTER
- Serial: ZD4B10000L5-03
- Base socket: Trifásico
- Clase: 20 (13 terminales)
- Tipo: Electrónico A3RLQ
- Kh: 1.8
- Modelo: 1001805987



Figura 24 Contador de energía eléctrica

Fuente: autor

3.2.2. Transformador

El cuarto de transformación CT-1 asociado al área de producción pastificio de la empresa Sucesores de J Parede M.S.A (Figura 25), presenta un transformador trifásico de las siguientes características.

- Capacidad: 750 KVA
- Conexión: Delta estrella
- Marca: Ecuatran
- Tipo: Trifásico
- Serie: 61546570
- Voltaje primario (dato de placa): 22800 V
- Voltaje Secundario (dato de placa): 220Y/127 V



Figura 25 Transformador trifásico N°1 750 KVA

Fuente: autor

3.2.3. Generador

El generador de emergencia para el área de producción (pastificio) que posee la compañía Sucesores de J Paredes M. S.A (Figura 26), es marca (Magnaplus).

Tabla 5 Especificaciones del generador 1

Model	432PSL1266
Frame	430
RPM	1800
Hz	60
Phase	3
Encl	Open
Fp	0,8
Amb	40 °C
Ins class	H
Rise by res	130 °C
Field amps	4
Field volts	100
KW	200
KVA	250
Volts	127/220
Amps	656

Nota:

Fuente: autor



Figura 26 Generador 200 kw

Fuente: autor

3.2.4. Tablero de transferencia manual

El circuito de distribución incluye un sistema de transferencia manual que permite conectar el generador al circuito en estudio. El generador soporta una carga menor o igual a 200Kw por lo cual solo se usa en caso de un corte de energía mayor a 10 minutos en líneas de producción con una carga en el rango especificado.

3.2.5. Sistema de distribución eléctrica

En esta sección se procede a la identificación de la distribución de los circuitos derivados mediante sectorización. El circuito consta de un transformador de 23KV/220V/127V que se deriva en dos líneas, Fava 2200 y Pavan. La línea Fava 2200 consta de una protección de 1600 A y 1000 A, y se derivan en tres líneas que alimentan a múltiples cargas. Por otro lado, la línea Pavan consta de dos protecciones, de 800 A y 1600 A, y se derivan en cinco líneas que alimentan a múltiples cargas.

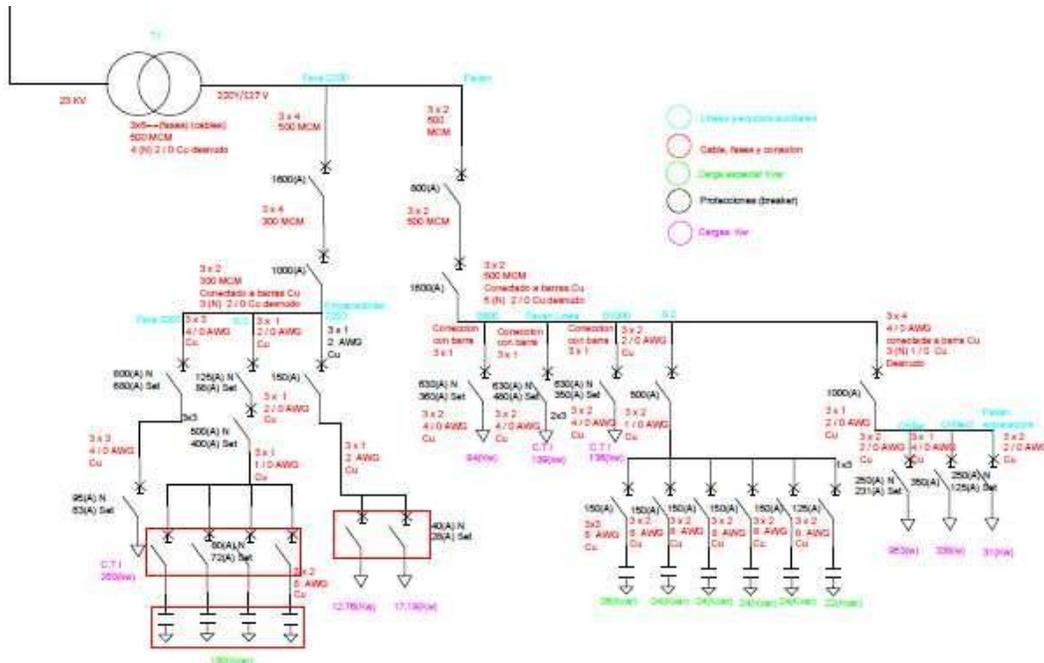


Figura 27 Circuito de cargas de transformador 1

Fuente: autor

3.2.6. Tablero de distribución principal

Este hace referencia a los tableros que se encuentran asociados al cuarto de transformadores y generador. Estos proveen la alimentación desde los transformadores hacia el o los tableros de distribución principal, desde este punto se distribuye a los respectivos paneles y tableros de distribución secundarios. Para luego difundir a los correspondientes circuitos derribados.

El tablero principal de distribución proporciona energía a las cargas analizadas y se alimenta de forma normal desde la parte de baja del transformador número 1 con 2 acometidas. Además, estos están protegidas por los disyuntores principales de 1600 A marca Siemens perteneciente al circuito de la línea Fava 2200 en el cual ingresa dos conductores por fase de tipo cable 4/0 de Cu y sale 4 cables 2/0 de Cu.

En contraste, la otra acometida está protegida por el disyuntor de 800 A marca Hyundai perteneciente al resto de cargas asociadas al transformador 1, en el cual ingresa dos conductores por fase de tipo cable 4/0 de Cu y sale 2 cables 2/0 de Cu. Además, del transformador se distribuyen 4 neutros calibre 2/0 de Cu desnudo.



Figura 28 Tablero de distribución principal
Fuente: autor

3.2.7. Tablero de distribución principal Fava 2200

En este circuito ingresan 4 cables 500 mcm por fase (3) a un breaker principal de 1000 (A) - 690 V seteado en 722(A), por el contrario, a la salida se dispone de 4 cables de 300 mcm por fase (3) hacia las barras de alimentación. Además, posee una barra de neutro en el cual ingresa 3 cables de Cu desnudo calibre 2/0. Por otro lado, el tablero dispone de un medidor de parámetros eléctricos instantáneo. Además, a las barras de alimentación se conectan 3 circuitos, que se describen a continuación.

Circuito 1

Este pertenece al cuadro de control principal de la línea Fava 2200, de las barras de alimentación se derivan con 3 cables calibre 4/0 AWG de Cu por fase (3) hacia la entrada de un breaker de 800 (A) seteado en 680 (A) – 220/240, salen 3 cables calibre 4/0 AWG de Cu por fase (3).

Circuito 2

Este se asocia al banco de capacitores #3, de las barras de alimentación se deriva con 1 cable calibre 2/0 AWG de Cu por fase (3) hacia la entrada de un breaker de 125 (A) seteado a 88 (A), de donde salen 1 cable calibre 2/0 AWG de Cu por fase (3).

Circuito 3

Este pertenece al sistema de empacado de la línea de producción Fava 2200, de las barras de alimentación se deriva 1 cable calibre 2 AWG de Cu por fase (3) hacia la entrada de un breaker de 150 (A), además, sale 1 cable calibre 2 AWG de Cu por fase (3)



Figura 29 Tablero de distribución principal Fava 2200
Fuente: autor

3.2.8. Tablero banco de capacitores #3

A este ingresa un cable 2/0 AWG por fase (3) a un breaker principal de 500 (A) - 690 V seteado en 400 (A), por el contrario, a su salida posee un cable 1/0 AWG de Cu por fase (3) hacia las barras de alimentación. De estas barras se derivan 2 cables calibre 8 AWG Cu por fase (3) hacia las entradas de 4 breakers de 80 (A) seteados en 72 (A). Por otro lado, el arreglo de capacitores posee una carga especial de 180 (Kvar), cada capacitor tiene las siguientes características:

- Q_n kVar: 10
- U_n V / f_n Hz: 240/60
- I_n A: 24
- C_n : 3 x 154 μ F (-5 + 10 %)



Figura 30 Tablero de banco de capacitores Fava 2200
Fuente: autor

3.2.9. Tablero empacadoras Fava 2200.

A este ingresa un cable 2 AWG por fase (3) a 2 breakers de 40 (A) setado en 28 (A), respectivamente (Figura 31). Además, la carga total instalada a este tablero es de 30 Kw.



Figura 31 Tablero sistema de empacado Fava 2200
Fuente: autor

3.2.10. Cuadro de distribución líneas de producción y BC # 1

A estos ingresan 2 cables 500 mcm por fase (3) a un breaker principal de 1600 (A) - 690 V, salida conexión directa a barras de alimentación. Posee barra de neutro en el cual se conectan 5 cables de Cu desnudo calibre 2/0. Además, a las barras de alimentación se conectan 4 circuitos:

Circuito 1

Este circuito alimenta a la línea de producción B600 (Bühler 600), de las barras de alimentación se deriva 1 barra por fase (3) hacia la entrada de un breaker de 630 (A) seteado en 360 (A), donde, salen 2 cables calibre 4/0 AWG Cu por fase (3) hacia el tablero de control principal de la línea de producción Bühler 600, que posee una carga total instalada de 94 Kw

Circuito 2

Este surte a la línea de producción Pavan, de las barras de alimentación se deriva 1 barra por fase (3) hacia la entrada de un breaker de 630 (A) seteado en 480 (A), salen 2 cables calibre 4/0 AWG Cu por fase (3) hacia el tablero de control principal de la línea de producción Pavan que posee una carga total instalada de 139 Kw.

Circuito 3

Este pertenece a la línea de producción B1000 (Bühler 1000), de las barras de alimentación se deriva 1 barra por fase (3) hacia la entrada de un breaker de 630 (A) seteado en 350 (A), salen 2 cables calibre 4/0 AWG Cu por fase (3) hacia el tablero de control principal de la línea de producción Bühler 1000 que posee una carga total instalada de 136 Kw.

Circuito 4

Este alimenta a la carga especial del banco de capacitores #1 con una acometida que se deriva de las barras de alimentación con 2 cables calibre 2/0 AWG por fase (3) hacia el tablero del banco de capacitores #1.

3.2.11. Tablero banco de capacitores #1

A este ingresan 2 cables calibre 2/0 AWG por fase (3) a un breaker principal de 500 (A) - 690 V, y en su salida posee 2 cables calibre 1/0 AWG de Cu por fase (3) hacia las barras de alimentación, de las cuales se derivan 3 cables calibre 8 AWG Cu por fase (3) hacia las entradas de un breaker de 150 (A). Todo este circuito se asigna al capacitor de 36kvar.

En contraste, de las barras de alimentación se derivan 2 cables calibre 8 AWG Cu por fase (3) hacia las entradas de 4 breakers de 150 (A) respectivamente, con una carga especial de 24 kvar cada una. Asimismo, de las barras de alimentación se deriva 1 cable calibre 8 AWG Cu por fase (3) hacia las entradas de un breaker de 150 (A) esto para el capacitor de 22kvar.



Figura 32 Tablero de banco de capacitores #1
Fuente: autor

3.2.12. Tablero de distribución equipos auxiliares

En este ingresan 4 cables # 4 / 0 AWG Cu por fase (3) a un breaker principal de 1000 (A), y salen 1 cable # 2 / 0 AWG Cu por fase (3) que se conectan a 3 barras de alimentación. Además, este posee una barra de neutro en el cual se conectan 3 cables de Cu desnudo # 2/0. En este sentido, a las barras de alimentación se conectan 3 circuitos, las cuales se detallan a continuación.

Circuito 1

Este alimenta al equipo auxiliar Chiller 1, de las barras de alimentación se derriban 2 cables @ 2 / 0 AWG Cu por fase (3) hacia la entrada de un breaker de 250 (A) seteado en 231 (A), y la salida presenta 1 cable # 2 / 0 AWG Cu por fase (3) hacia el tablero de control principal del equipo auxiliar que posee una carga total instalada de 953 w.

Circuito 2

Este pertenece al equipo auxiliar Chiller 2, de las barras de alimentación se derriba 1 cables # 4 / 0 AWG Cu por fase (3) hacia la entrada de un breaker de 350 (A), y a su salida consta de 1 cable # 1 / 0 AWG Cu por fase (3) hacia el tablero de control principal del equipo auxiliar que posee una carga total instalada de 338 w.

Circuito 3

Este alimenta al sistema de empacado de la línea de producción Pavan, de las barras de alimentación se derivan 2 cables # 2 / 0 AWG Cu por fase (3) hacia la entrada de un breaker de 250 (A) seteado en 125 (A), y a su salida consta de 1 cable # 2 / 0 AWG Cu por fase (3) hacia el tablero de control principal del equipo auxiliar que posee una carga total instalada de 331Kw.



Figura 33 Tablero de distribución de equipos auxiliares #1
Fuente: autor

3.3. Análisis de calidad de energía

La norma ARCONEL 053/18 especifica que el registro de calidad de la energía debe conservarse durante al menos siete días consecutivos. Por lo que, la frecuencia, el voltaje, la caída de tensión, la corriente, el factor de potencia, la distorsión armónica y los flicker, son en el periodo en mención.

3.3.1. Frecuencia

Según la EN50160 para sistemas interconectados, la Frecuencia no debe variar entre + 4% límite superior (62.4 Hz) y límite inferior 60 Hz – 6% (56.4 Hz). La Tabla 6 y la Figura 34 ilustran los resultados de los análisis para la frecuencia.

Tabla 6 Tendencia de frecuencia transformador 1

Parámetro	Mínimo	Máximo	Promedio
	(Hz)	(Hz)	(Hz)
Frecuencia	59,751	60,229	60,005

Nota: Fuente: autor



Figura 34 Tendencia de frecuencia transformador 1
Fuente: autor

En los 7 días de mediciones la frecuencia varió con un valor mínimo de 59.75 Hz y máximo de 60.005 Hz, con un promedio de 60.005. Por lo que, cumple al 100% con la normativa en vigencia.

3.3.2. Tendencia de voltaje

El voltaje nominal entre Fase-Fase es de 220Vac, mientras que entre Fase-Neutro es de 120Vac. Por lo que, según el Arconel la desviación de voltaje admisible para el caso de la empresa SUSESORES es de +/- 8 % del voltaje, debido a que se ubica en un lugar urbano. De tal manera que, los límites para la tensión máxima entre L-N es de 129.6 VAC y la mínima es de 110.4 VAC. La Tabla 7 y la Figura 35 ilustran los resultados de los análisis para el voltaje.

Tabla 7 Tendencia voltaje transformador 1

Parámetro	Mínimo (V)	Máximo (V)	Promedio (V)
RMS V1N	119,857	133,942	129,585
RMS V2N	113,591	134,346	130,182
RMS V3N	103,521	135,318	130,793

Nota: Fuente: autor

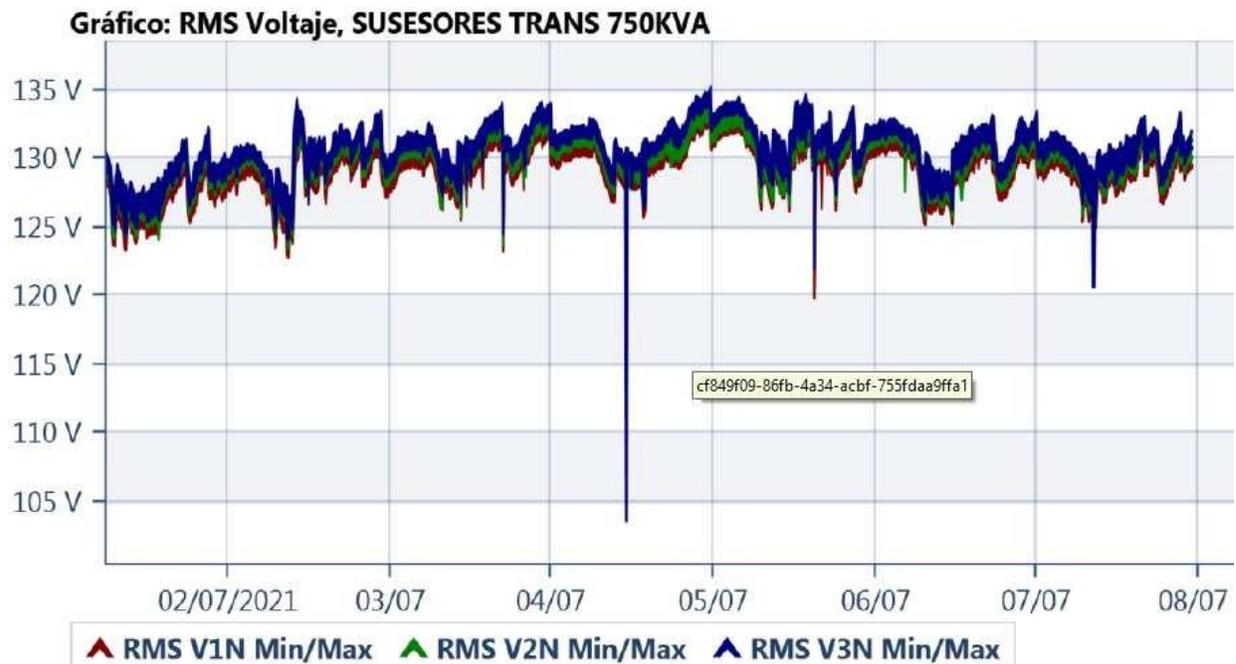


Figura 35 Voltajes RMS transformador 1
Fuente: autor

En base a la Figura 35, se evidencia que el promedio de la tensión está ligeramente superior al 8% de desviación. Esto se debe posiblemente a que el tag del transformador está más elevado.

3.3.3. Caída de tensión

En el periodo del 04 de julio de 2022 11:31:38, se observa que se presentan 2 caídas de tensión (Figura 36), la primera se pudo haber ocasionado por el arranque de un motor, por lo que cae la tensión y sube la corriente (Figura 37), mientras que, la segunda caída se produjo por el mal suministro de energía eléctrica.

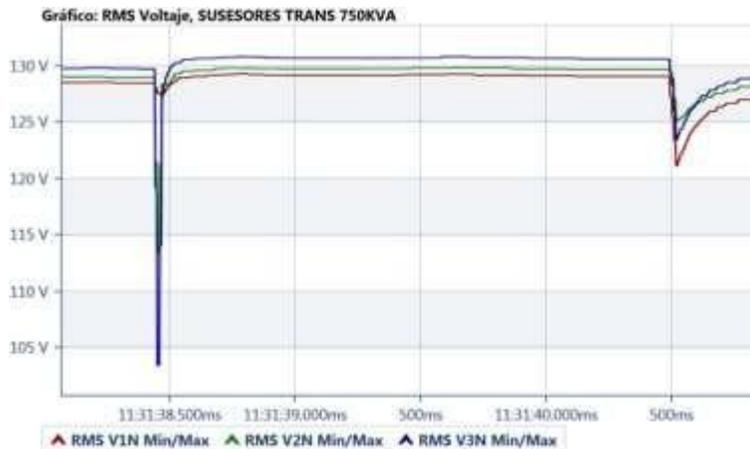


Figura 36 Caída de tensión en transformador 1, periodo 1
Fuente: autor



Figura 37 Corriente RMS durante caída de tensión en transformador 1, periodo 1
Fuente: autor

Por otro lado, en el periodo del 05 de julio de 2021 15:31:20, se observa que se presentan 2 caídas de tensión seguidas (Figura 38 y 39), que producen por el mal suministro de energía eléctrica. Es así como durante los eventos la tensión cae de 130 VAC a 120 VAC.

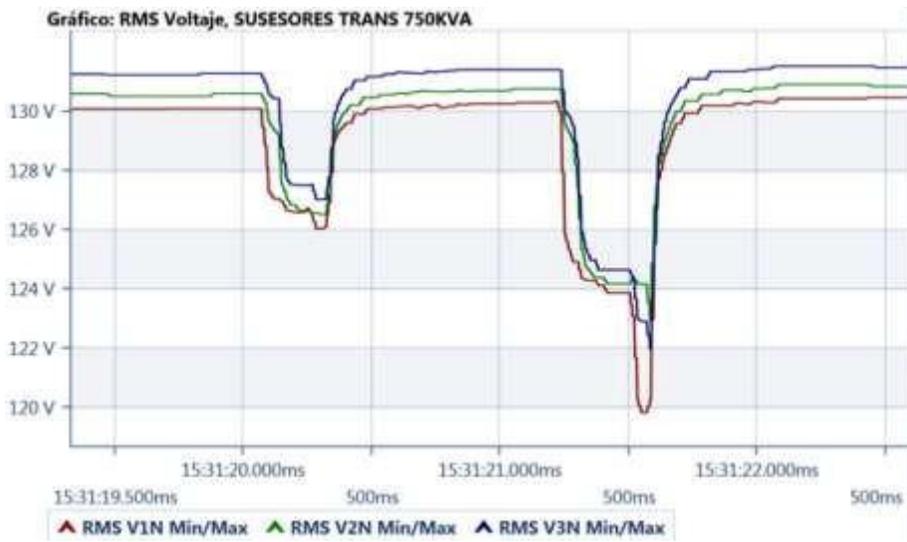


Figura 38 Caída de tensión en transformador 1, periodo 2
Fuente: autor



Figura 39 Caída de tensión en transformador 1, periodo 2
Fuente: autor

3.3.4. Tendencia de corriente

Durante el periodo de medición, se examinaron los datos de la corriente para comprobar si el sistema estaba equilibrado. La Tabla 8 y la Figura 40 muestran los resultados obtenidos.

Tabla 8 Tendencia de corriente en transformador 1

Parámetro	Mínimo (A)	Máximo (kA)	Promedio (A)
RMS L1	42,408	2,122	899,972
RMS L2	41,857	2,255	978,006
RMS L3	52,437	2,384	1,024

Fuente: autor



Figura 40 Corriente trifásica en transformador 1

Fuente: autor

Se observa, que la corriente promedio en L1 es de 899.972 A, mientras que en L2 es 978.006 A y L3 con 1024 A. Por lo que, se constata que el sistema no está equilibrado.

3.3.5. Potencia activa

Durante el periodo de medición, se examinaron los datos de potencia activa de cada una de las fases para constatar el consumo total del transformador. Es así como, en la Tabla 9 y la Figura 41 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 9 Tendencia de potencia activa en transformador 1

Parámetro	Mínimo (kW)	Máximo (kW)	Promedio (kW)
Potencia activa 1	1,01	218,268	111,582
Potencia activa 2	1,575	238,346	122,17
Potencia activa 3	1,276	242,726	126,944
Potencia Activa total	4,21	699,339	360,697

Fuente: autor



Figura 41 Potencia activa en transformador 1

Fuente: autor

En la Figura 41 se observa que la Potencia Activa Total máxima es de 699 KW, con un promedio de 360 KW y una potencia activa total mínima de 50 KW.

3.3.6. Tendencia de potencia reactiva

Durante el periodo de medición, se examinaron los datos de potencia reactiva de cada una de las fases para constatar el consumo total del transformador. Es así como, en la Tabla 10 y la Figura 42 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 10 Tendencia de potencia reactiva en transformador 1

Parámetro	Mínimo (kVAr)	Máximo (kVAr)	Promedio (kVAr)
Potencia reactiva 1	-55,03	149,828	20,773
Potencia reactiva 2	-54,702	159,283	22,603
Potencia reactiva 3	-58,567	177,276	29,35
Potencia reactiva total	-166,077	485,519	72,725

Fuente: autor



Figura 42 Potencia reactiva en transformador 1

Fuente: autor

En contraste, la potencia reactiva total máxima es de 485 KVAR y el promedio es de 72 KVAR. En este contexto, en el periodo de bajo consumo la potencia reactiva es negativa lo que indica que el sistema es capacitivo. Esto se debe a que posiblemente el banco de capacitores se queda enclavado.

3.3.7. Tendencia de potencia aparente

Durante el periodo de medición, se examinaron los datos de potencia aparente de cada una de las fases para constatar el consumo total del transformador. Es así como, en la Tabla 11 y la Figura 43 se muestran los resultados obtenidos. En este sentido, la potencia aparente total máxima es de 834 KVA con un promedio de 372 KVA y mínima de 18 KVA.

Tabla 11 Tendencia de potencia aparente en transformador 1

Parámetro	Mínimo (kVA)	Máximo (kVA)	Promedio (kVA)
Potencia aparente 1	5,537	260,273	114,873
Potencia aparente 2	5,72	278,236	125,605
Potencia aparente 3	6,537	295,587	131,888
Potencia aparente total	18,861	834,019	372,366

Fuente: autor



Figura 43 Potencia aparente en transformador 1

Fuente: autor

3.3.8. Factor de potencia

El factor de potencia debe tener un valor mínimo de 0,92, según los requisitos de calidad de la energía. Por consiguiente, en la Tabla 12 y la Figura 44 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 12 Factor de potencia en transformador 1

Parámetro	Mínimo	Máximo	Promedio
Factor de potencia total	0,184 CAP	0,812 IND	0,969 IND

Fuente: autor

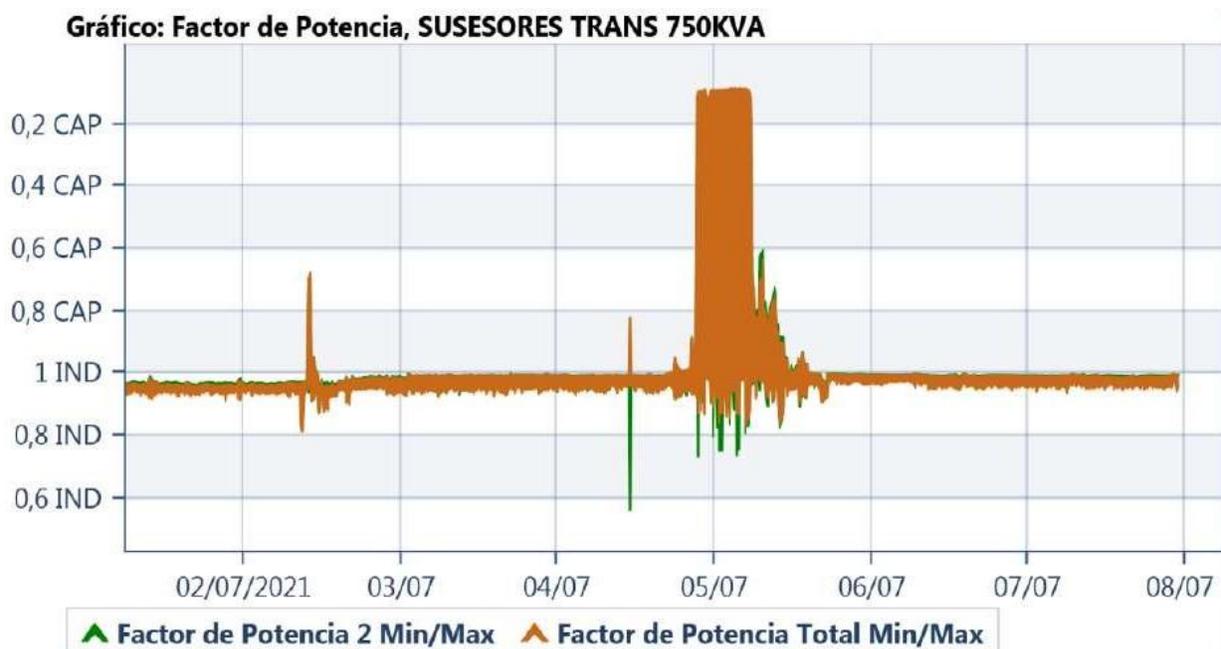


Figura 44 Factor de potencia en transformador 1

Fuente: autor

El factor de potencia total promedio es de 0,96 INDUCTIVO, se observa que en el periodo del domingo 04/07/2021 desde la 4pm hasta el lunes 05/07/2021 4 pm hubo una disminución de carga de 1300 A hasta 100 A, por lo que el Factor de potencia paso a capacitivo 0.1% lo que indica que el Banco de capacitores se quedó enclavado.

3.3.9. Tendencia THD voltaje

Acorde al estándar IEEE 519 se considera que el límite de distorsión armónica de voltaje sea inferior al 5%, no obstante, acorde a la regulación del Arconel el porcentaje de THD debe ser por debajo del 8%. Por consiguiente, en la Tabla 13 y la Figura 45 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 13 THD de voltaje en transformador 1

Parámetro	Mínimo (%)	Máximo (%)	Promedio (%)
THD V1N	1,07	5,75	2,79
THD V2N	0,92	14,92	2,61
THD V3N	1,01	16,54	2,70
THD V12	0,99	8,19	2,63
THD V23	0,93	18,44	2,66
THD V31	1,05	10,27	2,79

Fuente: autor

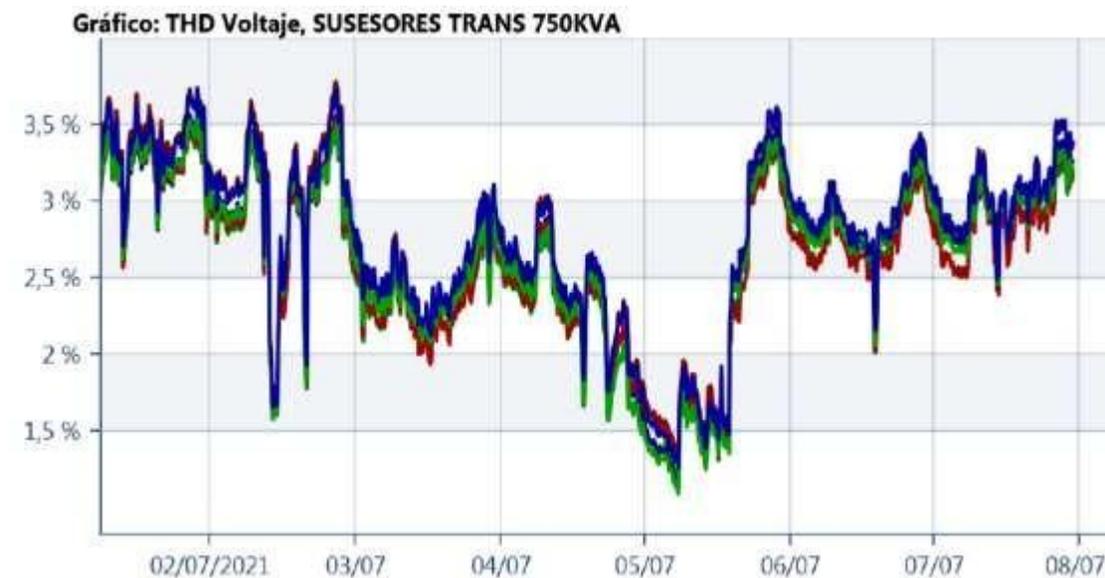


Figura 45 THD de voltaje en transformador 1

Fuente: autor

En consecuencia, los valores promedio registrados de THD de voltaje son inferiores al 8%, mientras que, los registros máximos contabilizados son superiores al 8%. Por consiguiente, el THS cumple con la normativa vigente.

3.3.10. Tendencia THD corriente

De acuerdo con los estándares de THD de corriente no debe superar el 12%. Por consiguiente, en la Tabla 14 y la Figura 46 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 14 THD de corriente en transformador 1

Parámetro	Mínimo (%)	Máximo (%)	Promedio (%)
THD I1	4,34	118,89	14,87
THD I2	3,5	186,06	13,85
THD I3	4,26	157,92	14,39

Fuente: autor

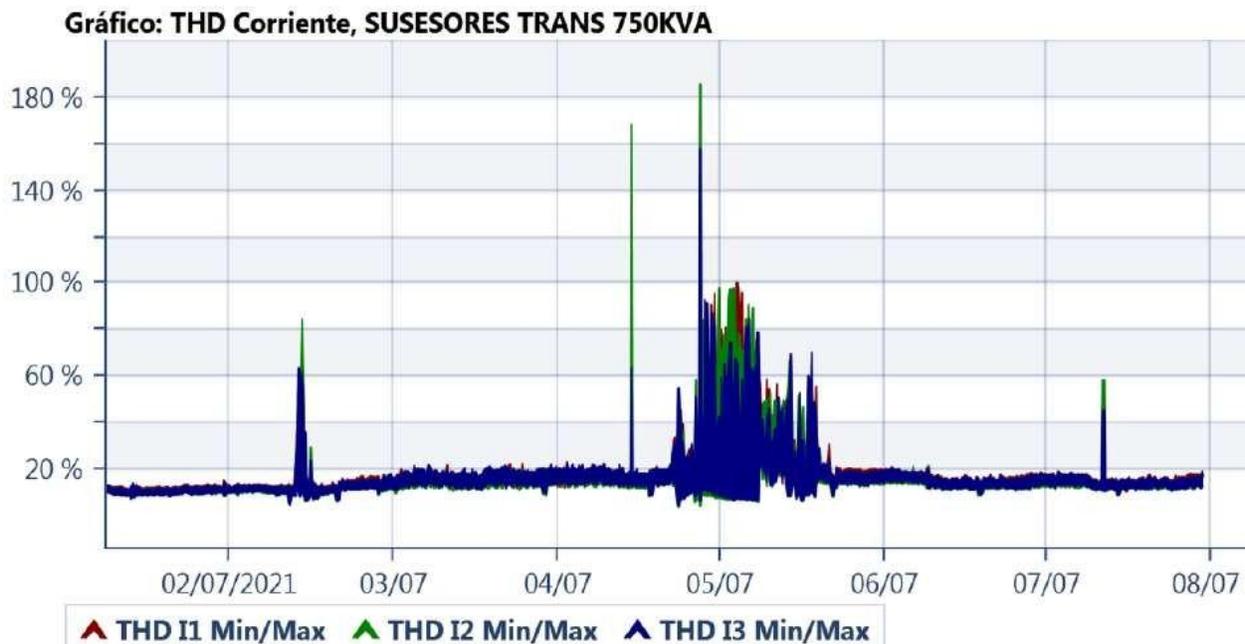


Figura 46 THD de corriente en transformador 1

Fuente: autor

De acuerdo con la Tabla 14 se observa que el THD de corriente promedio para I1, I2, I3 supera el 12%, por lo tanto, el THD de corriente no cumple con el estándar.

3.3.11. Espectro armónico

Según el análisis del espectro armónico de voltaje se constata que el armónico dominante es el quinto y séptimo, con un porcentaje promedio de 2.5% (Figura 47).

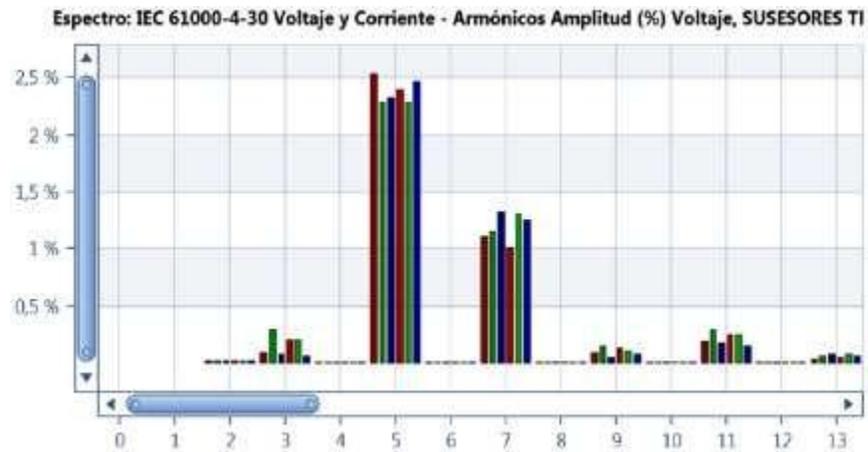


Figura 47 Espectro armónico de voltaje en transformador 1
Fuente: autor

Según el análisis del espectro armónico de corriente se constata que el armónico dominante es el quinto y séptimo, con un porcentaje promedio de 11.5% (Figura 48).

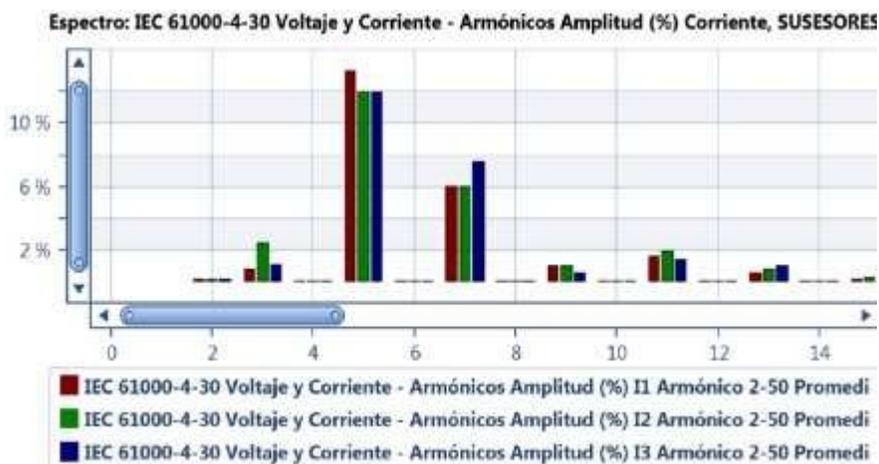


Figura 48 Espectro armónico de corriente en transformador 1
Fuente: autor

3.3.12. Flicker

El índice de severidad del parpadeo de corta duración (Pst), con intervalos de medición de 10 minutos, debe ser inferior a 1 y corresponder al 95% de los valores registrados durante un período superior a siete días consecutivos. La Tabla 15 y la Figura 49 muestran los resultados de las mediciones como resultado.

Tabla 15 Pst voltaje transformador 1

Parámetro	Mínimo	Máximo	Promedio
PST V1N	0,147	26,146	0,303
PST V2N	0,149	18,054	0,28
PST V3N	0,165	2,759	0,268
PST V12	0,133	0,957	0,249
PST V23	0,134	1,284	0,241
PST V31	0,129	1,08	0,249

Fuente: autor



Figura 49 Pst voltaje transformador 1

Fuente: autor

En contraste, se evidencia que el promedio de flicker de corto plazo es menor a 1, por lo que se cumple lo estipulado en el estándar.

3.4. Comprobación termográfica

Se utilizaron cámaras termográficas para localizar probables puntos calientes en las instalaciones de la compañía Sucesores de J Paredes M S.A. El examen termográfico del sistema eléctrico se realizó con una cámara termográfica Fluke Ti480. De tal manera que, las conclusiones del análisis se detallan en la Tabla 16.

Tabla 16 Resultado de comprobación termográfica

Ítem	Sección	Equipo	Estado	Nivel
1		Seccionadores	No requiere ninguna acción	0
2	Cámara de transformador #1	Transformador #1	Actuar de forma instantánea	4
3		Breakers principales	Se necesita información adicional	1
4		Breaker principal 1	Se necesita información adicional	1
5		Barras de alimentación	Se necesita información adicional	1
6	Tablero de distribución principal Fava 2200	Conexión a barras de alimentación	Se necesita información adicional	1
7		Breaker principal 2	Se necesita información adicional	1
8		Breaker principal 3	No se requiere ninguna acción	0
9	Tablero de control Principal Fava 2200	Breaker principal 1	Reparación lo antes posible	3
10	Tablero banco de capacitores #3	Breaker principal 1	Reparación en el siguiente stop disponible	2
11		Breakers	Reparación en el siguiente stop disponible	2

12	Tablero empacadoras Fava 2200	Breaker principal 1	Se necesita información adicional	1
13		Breaker principal 2	Se necesita información adicional	1
14	Tablero de distribución líneas de producción Pavan, B1000, B600 y banco de capacitores #1	Breaker principal 1	Reparación en el siguiente stop disponible	2
15		Breakers	Reparación en el siguiente stop disponible	2
16	Tablero banco de capacitores #1	Breakers	Reparación lo antes posible	3
17		Breakers	Reparación lo antes posible	3
18	Tablero de distribución equipos auxiliares	Breakers	Reparación en el siguiente stop disponible	2
19		Breakers	Reparación en el siguiente stop disponible	2

Fuente: autor

En contraste, se ofrece una tabla de criterios (Tabla 17) para ayudar a determinar el nivel de severidad de una falla eléctrica para comprender mejor los resultados mostrados en la tabla anterior (Tabla 16). El estándar ANSI/NETA ATS-2009 sirve como base para los requisitos antes mencionados.

Tabla 17 Base de criterios termográficos

Nivel	Diferencia de temperatura	Clasificación	Acción
0	Ninguna	Sin carencia	No se requiere ninguna acción
1	1°C -10°C O/A o 1°C a 3°C O/S	Posible carencia	Se necesita información adicional
2	11°C -20°C O/A o 4°C a 15°C O/S	Probable carencia	Reparación en el siguiente stop disponible
3	21°C -40°C O/A o >15°C O/S	Deficiencia	Reparación lo antes posible
4	>40°C O/A o >15°C O/S	Carencia mayor	Actuar de forma instantánea

Fuente: autor

En este contexto, O/A se refiere a sobre ambiente, Over Similar (O/S) quiere decir temperatura de un organismo semejante en un entorno normal. Por otro lado, con el fin de prever posibles

interrupciones imprevistas en la provisión de energía eléctrica causadas por fallos en los componentes que integran los procesos, cabe destacar que el estudio se llevó a cabo mientras el equipo estaba totalmente operativo o a pleno rendimiento, lo que significa que no se suspendió la fabricación.

De tal manera que, se ejecuta la inspección al transformador #1 de 750KVA y a todos los cuadros de baja tensión asociados en carga, para lo cual, se emplean los datos de revisión termográfica (Tabla 18).

Tabla 18 Parámetros de las mediciones termográficas

Datos de revisión termográfica	
Humedad relativa	86%
Temperatura atmosférica	20°C
Distancia de tomas	1-3 metros
Modelo de cámara	Ti480

Fuente: autor

3.4.1. Seccionadores de acometida

En la Tabla 19 se detalla el diagnóstico del primer conjunto de seccionadores de la acometida Transformador #1, asimismo, se expone la imagen térmica del equipo en mención (Figura 50).

Tabla 19 Resultado de las mediciones termográficas de seccionadores Trafo#1

Parámetros térmicos	
Emisividad	0,95
Temperatura máxima (°C)	37,1
Temperatura mínima (°C)	20,09
Distancia de medición (m)	3,56
Temperatura ambiente (°C)	20
Temperatura del componente (°C)	29
Excedente de temperatura componente vs ambiente (°C)	9

Fuente: autor



Figura 50 Termografía de los seccionadores del Trafo #1.
Fuente: autor

De acuerdo con las especificaciones de la norma NETA, el excedente entre la temperatura ambiente y el componente es de 9°C, por lo tanto, se denomina nivel 1 que corresponde a una posible deficiencia, de manera que se requiere de más información. No obstante, según la inspección visual no se detecta puntos calientes, conexiones flojas, desequilibrio de cargas y sobrecargas. En consecuencia, los componentes operan en condiciones normales.

3.4.2. Transformador #1 750 KVA

En la Tabla 20 se detalla el diagnóstico del Transformador #1, asimismo, se expone la imagen térmica del equipo en mención (Figura 51).

Tabla 20 Resultado de las mediciones termográficas de Trafo#1

Parámetros térmicos	
Emisividad	0,95
Temperatura máxima (°C)	76.3
Temperatura mínima (°C)	26.5
Distancia de medición (m)	3,23
Temperatura ambiente (°C)	20
Temperatura del componente (°C)	71
Excedente de temperatura componente vs ambiente (°C)	51

Fuente: autor

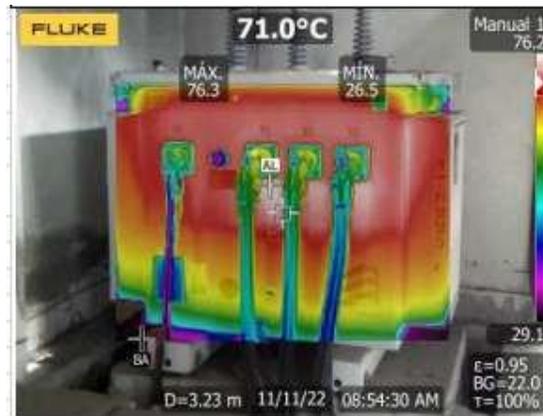


Figura 51 Termografía de Trafo #1.
Fuente: autor

De acuerdo con las especificaciones de la norma NETA, el excedente entre la temperatura ambiente y el componente es de 51°C, por lo tanto, se denomina nivel 4 que corresponde a una deficiencia peligrosa, de manera que se requiere intervenir inmediatamente. Por consiguiente, se requiere realizar pruebas de aislamiento, aceite y disrupción, para detectar o descartar posibles anomalías.

3.4.3. Breakers principales del cuadro de suministro principal

Se muestran la imagen térmica en la Figura 52 del equipo en cuestión y el diagnóstico de los interruptores del tablero de distribución principal de la Tabla 21.

Tabla 21 Resultado termográfico de los breakers principales de TDP

Parámetros térmicos	
Emisividad	0,95
Temperatura máxima (°C)	21.5
Temperatura mínima (°C)	65.5
Distancia de medición (m)	2.10
Temperatura ambiente (°C)	25
Temperatura del componente (°C)	41.6
Excedente de temperatura componente vs ambiente (°C)	16.6

Fuente: autor



Figura 52 Termografía de los breakers principales
Fuente: autor

De acuerdo con las especificaciones de la norma NETA, el excedente entre la temperatura ambiente y el componente es de 16.6°C , por lo tanto, se denomina nivel 3 que corresponde a una probable deficiencia, de manera que se requiere intervenir en la próxima parada. Además, de forma visual se encuentran puntos calientes en las barras que ingresan al breaker principal de 800 A, los conductores de entrada a la alimentación se encuentran con una temperatura mayor a los de salida, lo que puede ser un indicio del mal dimensionado o sobrecarga del conductor. Por consiguiente, la manera más habitual de solucionar el problema es la redistribución de cargas o redimensionar los conductores.

3.4.4. Breaker principal del tablero de distribución principal Fava 2200

En la Tabla 22 se detalla el diagnóstico del breaker del tablero de distribución principal Fava 2200, asimismo, se expone la imagen térmica del equipo en mención (Figura 53).

Tabla 22 Resultado termográfico del breaker principal de TDP Fava 2200

Parámetros térmicos	
Emisividad	0,95
Temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$)	51.8
Temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$)	25.8
Distancia de medición (m)	1.68
Temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$)	25

Temperatura del componente (°C)	36
Excedente de temperatura componente vs ambiente (°C)	11

Fuente: autor

De acuerdo con las especificaciones de la norma NETA, el excedente entre la temperatura ambiente y el componente es de 11°C, por lo tanto, se denomina nivel 1 que corresponde a una posible deficiencia, de manera que se requiere revisar. Además, de forma visual no se encuentran puntos calientes, conexiones flojas, desequilibrio de cargas y sobrecargas. Es decir, el componente se encuentra operando en un estado óptimo.

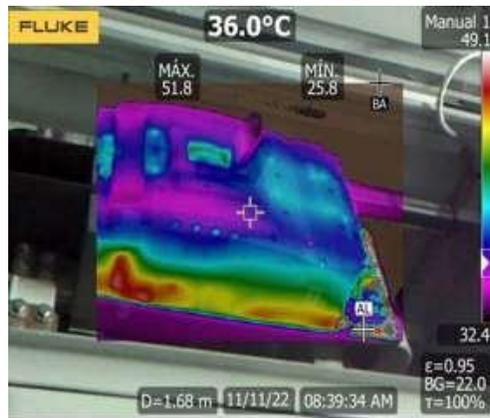


Figura 53 Termografía delbreaker principal de TDP Fava 2200

Fuente: autor

3.4.5. Barras de alimentación del tablero de distribución principal Fava 2200

En la Tabla 23 se detalla el diagnóstico de las barras de alimentación del TDP Fava 2200, asimismo, se expone la imagen térmica del equipo en mención (Figura 54).

Tabla 23 Resultado termográfico de barras de alimentación de TDP Fava 2200

Parámetros térmicos	
Emisividad	0,95
Temperatura máxima (°C)	48.8
Temperatura mínima (°C)	30.8
Distancia de medición (m)	0.73
Temperatura ambiente (°C)	25

Temperatura del componente (°C)	34.8
Excedente de temperatura componente vs ambiente (°C)	9.8

Fuente: autor

De acuerdo con las especificaciones de la norma NETA, el excedente entre la temperatura ambiente y el componente es de 9.8°C, por lo tanto, se denomina nivel 1 que corresponde a una posible deficiencia, de manera que se requiere de más información. No obstante, según la inspección visual se detecta una pequeña variación de temperatura en las conexiones de la barra de alimentación, pero el sistema se encuentra operativo en estado estable.

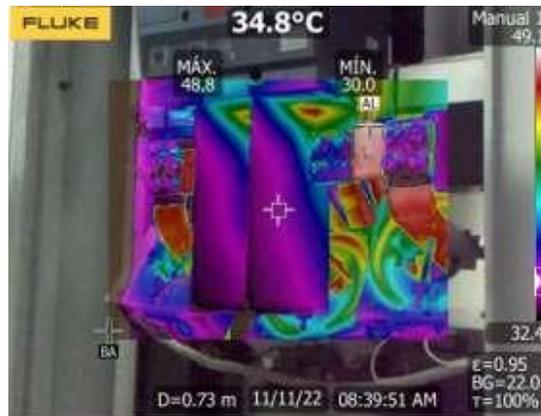


Figura 54 Termografía barras de alimentación de TDP Fava 2200

Fuente: autor

3.4.6. Conexión a barras de alimentación del TDP Fava 2200

En la Tabla 24 se detalla el diagnóstico de la conexión a las barras de alimentación del TDP Fava 2200, asimismo, se expone la imagen térmica del equipo en mención (Figura 55).

Tabla 24 Resultado termográfico de conexión a las barras de alimentación de TDP Fava 2200

Parámetros térmicos	
Emisividad	0,95
Temperatura máxima (°C)	50.1
Temperatura mínima (°C)	29.6
Distancia de medición (m)	0.82
Temperatura ambiente (°C)	25

Temperatura del componente (°C)	44.2
Excedente de temperatura componente vs ambiente (°C)	19.2

Fuente: autor

De acuerdo con las especificaciones de la norma NETA, el excedente entre la temperatura ambiente y el componente es de 19.2°C, por lo tanto, se denomina nivel 3 que corresponde a una deficiencia, de manera que se requiere revisar en la próxima parada. No obstante, según la inspección visual se detecta una pequeña variación de temperatura en las conexiones de la barra de alimentación, pero el sistema se encuentra operativo en estado estable.

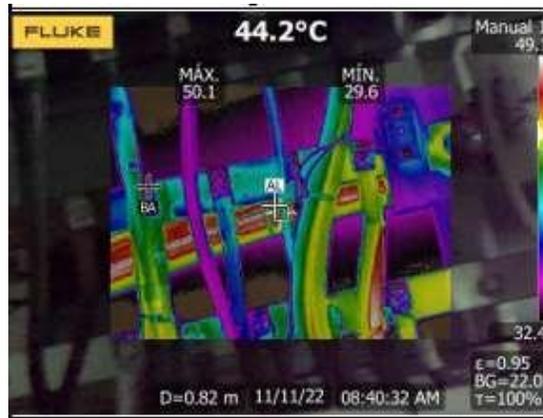


Figura 55 Termografía de conexión a las barras de alimentación de TDP Fava 2200

Fuente: autor

3.4.7. Breaker principal de línea Fava 2200

En la Tabla 25 se detalla el diagnóstico del breaker principal de la línea Fava 2200, asimismo, se expone la imagen térmica del equipo en mención (Figura 56).

Tabla 25 Resultado termográfico breaker principal de línea Fava 2200

Parámetros térmicos	
Emisividad	0,95
Temperatura máxima (°C)	60.5
Temperatura mínima (°C)	30.6
Distancia de medición (m)	0.89
Temperatura ambiente (°C)	25

Temperatura del componente (°C)	40.8
Excedente de temperatura componente vs ambiente (°C)	15.8

Fuente: autor

De acuerdo con las especificaciones de la norma NETA, el excedente entre la temperatura ambiente y el componente es de 15.8°C, por lo tanto, se denomina nivel 3 que corresponde a una probable deficiencia, de manera que se requiere revisar en la próxima parada. No obstante, según la inspección visual se detecta un sector con una temperatura superior al promedio en la parte trasera del breaker, por lo que, se recomienda mantener este dispositivo en observación.

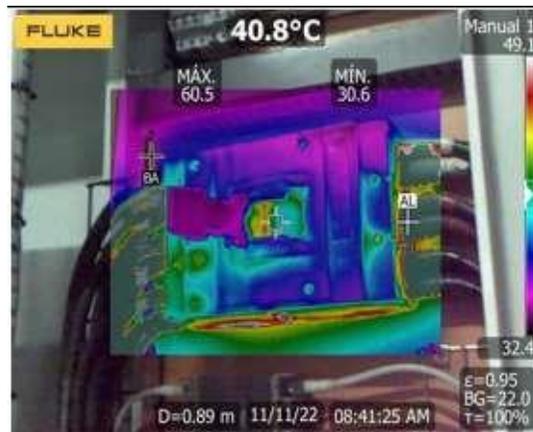


Figura 56 Termografía de breaker principal de línea Fava 2200

Fuente: autor

3.4.8. Breaker principal 2 de línea Fava 2200

En la Tabla 26 se detalla el diagnóstico del breaker principal 2 de la línea Fava 2200, asimismo, se expone la imagen térmica del equipo en mención (Figura 57).

Tabla 26 Resultado termográfico breaker principal 2 de línea Fava 2200

Parámetros térmicos	
Emisividad	0,95
Temperatura máxima (°C)	56.7
Temperatura mínima (°C)	31.7
Distancia de medición (m)	0.89
Temperatura ambiente (°C)	25

Temperatura del componente (°C)	38.5
Excedente de temperatura componente vs ambiente (°C)	13.5

Fuente: autor

De acuerdo con las especificaciones de la norma NETA, el excedente entre la temperatura ambiente y el componente es de 13.5°C, por lo tanto, se denomina nivel 3 que corresponde a una probable deficiencia, de manera que se requiere revisar en la próxima parada. No obstante, según la inspección visual no se detectan puntos calientes, conexiones flojas, desequilibrio de cargas y sobrecargas.

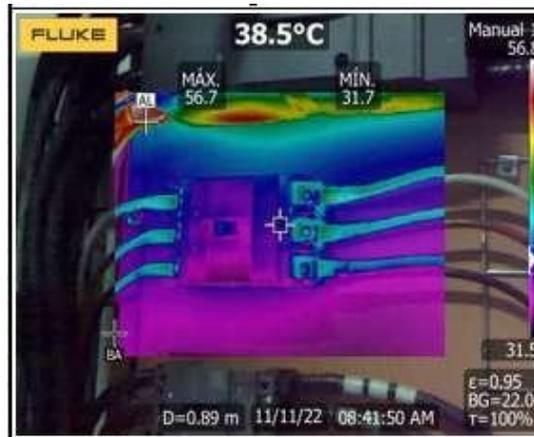


Figura 57 Termografía de breaker principal 2 de línea Fava 2200

Fuente: autor

3.4.9. Breaker principal del banco de capacitores Fava 2200

En la Tabla 27 se detalla el diagnóstico del breaker principal del banco de capacitores Fava 2200, asimismo, se expone la imagen térmica del equipo en mención (Figura 58).

Tabla 27 Resultado termográfico breaker principal del BC Fava 2200

Parámetros térmicos	
Emisividad	0,95
Temperatura máxima (°C)	36.1
Temperatura mínima (°C)	29.3
Distancia de medición (m)	0.72

Temperatura ambiente (°C)	25
Temperatura del componente (°C)	30.7
Excedente de temperatura componente vs ambiente (°C)	5.7

Fuente: autor

De acuerdo con las especificaciones de la norma NETA, el excedente entre la temperatura ambiente y el componente es de 5.7°C, por lo tanto, se denomina nivel 1 que corresponde a una posible deficiencia, de manera que se requiere más información. No obstante, según la inspección visual no se detectan puntos calientes, conexiones flojas, desequilibrio de cargas y sobrecargas.



Figura 58 Termografía de breaker principal del banco de capacitores Fava 2200

Fuente: autor

3.4.10. Breaker principal de TDP Fava 2200

En la Tabla 28 se detalla el diagnóstico del breaker principal del TDP Fava 2200, asimismo, se expone la imagen térmica del equipo en mención (Figura 59).

Tabla 28 Resultado termográfico breaker principal del TDP Fava 2200

Parámetros térmicos	
Emisividad	0,95
Temperatura máxima (°C)	85
Temperatura mínima (°C)	31.4
Distancia de medición (m)	1.23
Temperatura ambiente (°C)	25
Temperatura del componente (°C)	53.8

Fuente: autor

De acuerdo con las especificaciones de la norma NETA, el excedente entre la temperatura ambiente y el componente es de 28.8°C, por lo tanto, se denomina nivel 4 que corresponde a una deficiencia peligrosa, de manera que se requiere intervenir inmediatamente. Además, mediante la inspección visual se detectan puntos calientes en la zona superficial de la estructura del breaker, así como en la alimentación.

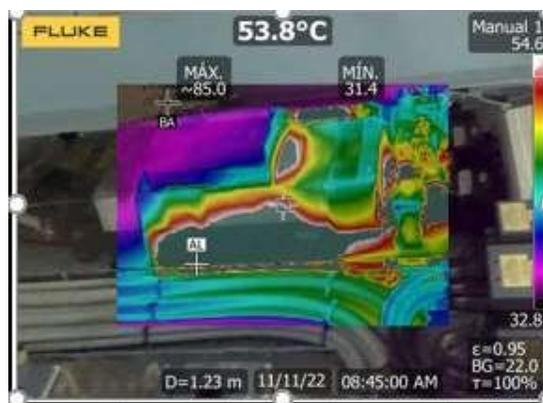


Figura 59 Termografía de breaker principal del TDP Fava 2200

Fuente: autor

3.4.11. Breaker principal de banco de capacitores #3

En la Tabla 29 se detalla el diagnóstico del breaker principal del banco de capacitores #3, asimismo, se expone la imagen térmica del equipo en mención (Figura 60).

Tabla 29 Resultado termográfico breaker principal del BC #3

Parámetros térmicos	
Emisividad	0,95
Temperatura máxima (°C)	84.4
Temperatura mínima (°C)	31.6
Distancia de medición (m)	1.68
Temperatura ambiente (°C)	25
Temperatura del componente (°C)	41.2

Fuente: autor

De acuerdo con las especificaciones de la norma NETA, el excedente entre la temperatura ambiente y el componente es de 16.2°C, por lo tanto, se denomina nivel 2 que corresponde a una probable deficiencia, de manera que se requiere reparar en la próxima parada. Además, mediante la inspección visual se detecta un aumento de temperatura considerable en toda la zona del breaker que se puede producir por el sub dimensionamiento del equipo protector.



Figura 60 Termografía de breaker principal del banco de capacitores #3

Fuente: autor

3.4.12. Breakers secundarios de banco de capacitores #3

En la Tabla 30 se detalla el diagnóstico del breaker principal del banco de capacitores #3, asimismo, se expone la imagen térmica del equipo en mención (Figura 61).

Tabla 30 Resultado termográfico breaker secundario del BC #3

Parámetros térmicos	
Emisividad	0,95
Temperatura máxima (°C)	73.6
Temperatura mínima (°C)	29.1
Distancia de medición (m)	1.68
Temperatura ambiente (°C)	25
Temperatura del componente (°C)	44.5

De acuerdo con las especificaciones de la norma NETA, el excedente entre la temperatura ambiente y el componente es de 19.5°C, por lo tanto, se denomina nivel 2 que corresponde a una probable deficiencia, de manera que se requiere reparar en la próxima parada. Además, mediante la inspección visual se detecta un aumento de temperatura considerable en toda la zona de los breakers que se puede producir por el subdimensionamiento del equipo protector, calibre del conductor incorrecto o bornes mal apretados.

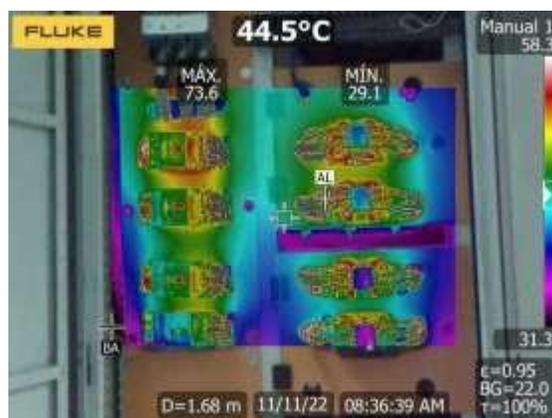


Figura 61 Termografía de breaker principal del banco de capacitores #3
Fuente: autor

3.4.13. Breaker principal del tablero de control empacadora Fava 2200

En la Tabla 31 se detalla el diagnóstico del breaker principal del tablero empacadora Fava 2200, asimismo, se expone la imagen térmica del equipo en mención (Figura 62).

Tabla 31 Resultado termográfico del breaker principal del TC empacadora Fava 2200

Parámetros térmicos	
Emisividad	0,95
Temperatura máxima (°C)	46.3
Temperatura mínima (°C)	24.6
Distancia de medición (m)	0.81

Temperatura ambiente (°C)	25
Temperatura del componente (°C)	31.2
Excedente de temperatura componente vs ambiente (°C)	6.2

Fuente: autor

De acuerdo con las especificaciones de la norma NETA, el excedente entre la temperatura ambiente y el componente es de 6.2°C, por lo tanto, se denomina nivel 1 que corresponde a una posible deficiencia, de manera que se requiere más información. Además, mediante la inspección visual se detecta un aumento de temperatura en los conductores de los guardamotores. Esto podría ser causado por sobrecarga o por subdimensionamiento de los equipos.



Figura 62 Termografía de breaker principal del TC empacadora Fava 2200

Fuente: autor

3.4.14. Breaker principal 1 del tablero de control principal empacadora Fava 2200

En la Tabla 32 se detalla el diagnóstico del breaker principal 1 del tablero de control principal de empacadora Fava 2200, asimismo, se expone la imagen térmica del equipo en mención (Figura 63).

Tabla 32 Resultado termográfico del breaker principal 1 del TC empacadora Fava 2200

Parámetros térmicos	
Emisividad	0,95
Temperatura máxima (°C)	27.6
Temperatura mínima (°C)	22.7

Distancia de medición (m)	0.81
Temperatura ambiente (°C)	20
Temperatura del componente (°C)	23.9
Excedente de temperatura componente vs ambiente (°C)	3.9

Fuente: autor

De acuerdo con las especificaciones de la norma NETA, el excedente entre la temperatura ambiente y el componente es de 3.9°C, por lo tanto, se denomina nivel 1 que corresponde a una posible deficiencia, de manera que se requiere más información. Además, mediante la inspección visual se detecta, en uno de los breakers monopolares, una variación de temperatura que se produce por un conductor flojo



Figura 63 Termografía de breaker principal 1 del TC empacadora Fava 2200

Fuente: autor

3.4.15. Breaker principal de tablero de transferencia manual

En la Tabla 33 se detalla el diagnóstico del breaker principal del tablero de transferencia manual, asimismo, se expone la imagen térmica del equipo en mención (Figura 64).

Tabla 33 Resultado termográfico del tablero de transferencia manual

Parámetros térmicos	
Emisividad	0,95
Temperatura máxima (°C)	77.4

Temperatura mínima (°C)	27.6
Distancia de medición (m)	2.38
Temperatura ambiente (°C)	25
Temperatura del componente (°C)	43.6
Excedente de temperatura componente vs ambiente (°C)	18.6

Fuente: autor

De acuerdo con las especificaciones de la norma NETA, el excedente entre la temperatura ambiente y el componente es de 18.6°C, por lo tanto, se denomina nivel 2 que corresponde a una probable deficiencia, de manera que se requiere reparar en la próxima parada. Además, mediante la inspección visual se detecta una elevación importante de temperatura en las barras de entrada, las zonas de conexión y en los conductores de salida del breaker. Esto podría ser producido por el subdimensionamiento del equipo de protección, así como los bornes del dispositivo mal apretados.



Figura 64 Termografía del tablero de transferencia manual

Fuente: autor

3.4.16. Breakers secundarios del proceso Pavan B1000, B600

En la Tabla 34 se detalla el diagnóstico de los breakers secundarios del proceso Pavan B1000-B600, asimismo, se expone la imagen térmica del equipo en mención (Figura 65).

Tabla 34 Resultado termográfico de los breakers secundarios Pavan, B1000-B600

Parámetros térmicos	
Emisividad	0,95
Temperatura máxima (°C)	69.3
Temperatura mínima (°C)	23.3
Distancia de medición (m)	2.96
Temperatura ambiente (°C)	25
Temperatura del componente (°C)	54.8
Excedente de temperatura componente vs ambiente (°C)	29.8

Fuente: autor

De acuerdo con las especificaciones de la norma NETA, el excedente entre la temperatura ambiente y el componente es de 29.8°C, por lo tanto, se denomina nivel 2 que corresponde a una deficiencia, de manera que se requiere reparar en la próxima parada. Además, mediante la inspección visual no se detecta una elevación importante de temperatura en la estructura de los breakers.



Figura 65 Termografía de los breakers secundarios del proceso Pavan B1000-B600

Fuente: autor

3.4.17. Breakers de banco de capacitores #1

En la Tabla 35 se detalla el diagnóstico de los breakers del banco de capacitores #1, asimismo, se expone la imagen térmica del equipo en mención (Figura 66).

Tabla 35 Resultado termográfico de los breakers del BC #1

Parámetros térmicos	
Emisividad	0,95
Temperatura máxima (°C)	67
Temperatura mínima (°C)	28.2
Distancia de medición (m)	2.05
Temperatura ambiente (°C)	25
Temperatura del componente (°C)	48.2
Excedente de temperatura componente vs ambiente (°C)	23.2

Fuente: autor

De acuerdo con las especificaciones de la norma NETA, el excedente entre la temperatura ambiente y el componente es de 23.2°C, por lo tanto, se denomina nivel 2 que corresponde a una deficiencia, de manera que se requiere reparar en la próxima parada. Además, mediante la inspección visual se detecta una elevación importante de temperatura de los conductores de entrada, las zonas de conexión y en los conductores de salida. Esto puede ser producido por el sub-dimensionamiento del equipo protector, bornes mal apretados o sobrecargas.



Figura 66 Termografía de los breakers del banco de capacitores #1

Fuente: autor

3.4.18. Breakers secundarios de capacitores #1

En la Tabla 36 se detalla el diagnóstico de los breakers secundarios del banco de capacitores #1, asimismo, se expone la imagen térmica del equipo en mención (Figura 67).

Tabla 36 Resultado termográfico de los breakers secundarios del BC #1

Parámetros térmicos	
Emisividad	0,95
Temperatura máxima (°C)	57.9
Temperatura mínima (°C)	30.4
Distancia de medición (m)	2.96
Temperatura ambiente (°C)	25
Temperatura del componente (°C)	49.5
Excedente de temperatura componente vs ambiente (°C)	24.5

Fuente: autor

De acuerdo con las especificaciones de la norma NETA, el excedente entre la temperatura ambiente y el componente es de 24.5°C, por lo tanto, se denomina nivel 3 que corresponde a una deficiencia, de manera que se requiere reparar tan pronto como sea posible. Además, mediante la inspección visual se detecta una elevación importante de temperatura de los conductores de entrada, las zonas de conexión y en los conductores de salida. Esto puede ser producido por el sub dimensionamiento del equipo protector, bornes mal apretados o sobrecargas.



Figura 67 Termografía de los breakers secundarios del banco de capacitores #1

Fuente: autor

3.4.19. Breakers secundarios de tablero de alimentación chiller 1

En la Tabla 37 se detalla el diagnóstico de los breakers secundarios del tablero de alimentación chiller 1, asimismo, se expone la imagen térmica del equipo en mención (Figura 68).

De acuerdo con las especificaciones de la norma NETA, el excedente entre la temperatura ambiente y el componente es de 10.5°C, por lo tanto, se denomina nivel 2 que corresponde a una probable deficiencia, de manera que se requiere reparar en la próxima parada. Además, mediante la inspección visual se detecta una elevación importante de temperatura de los conductores de entrada, las zonas de conexión y en los conductores de salida. No obstante, el breaker del sistema de empacado Pavan se encuentra en mejores condiciones. Los problemas de calentamiento pueden producirse por el subdimensionamiento del equipo protector, bornes mal apretados o sobrecargas.

Tabla 37 Resultado termográfico breaker secundario 1 del chiller 1.

Parámetros térmicos	
Emisividad	0,95
Temperatura máxima (°C)	47.4
Temperatura mínima (°C)	27.8
Distancia de medición (m)	2.20
Temperatura ambiente (°C)	25
Temperatura del componente (°C)	35.5
Excedente de temperatura componente vs ambiente (°C)	10.5

Fuente: autor

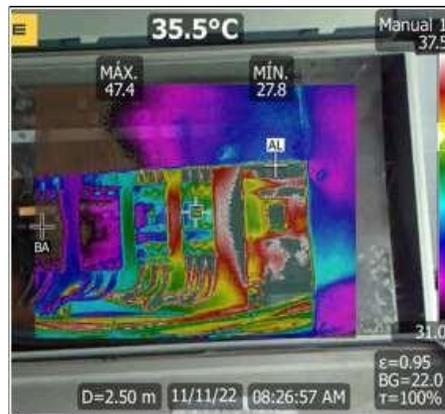


Figura 68 Termografía de los breaker secundarios 1 del chiller 1

Fuente: autor

3.4.20. Breaker secundario 2 de tablero de alimentación chiller 2

En la Tabla 38 se detalla el diagnóstico de los breakers secundarios 2 del tablero de alimentación chiller 2, asimismo, se expone la imagen térmica del equipo en mención (Figura 69).

De acuerdo con las especificaciones de la norma NETA, el excedente entre la temperatura ambiente y el componente es de 12°C, por lo tanto, se denomina nivel 3 que corresponde a una deficiencia, de manera que se requiere reparar tan pronto como sea posible. Además, mediante la inspección visual se detecta una elevación importante de temperatura de los conductores de entrada, las zonas de conexión y en los conductores de salida de los breakes de chiller 1 y 2. Los problemas de calentamiento pueden producirse por el sub-dimensionamiento del equipo protector, bornes mal apretados o sobrecargas.

Tabla 38 Resultado de la termografía realizada en breaker secundario 2 del chiller 2

Parámetros térmicos	
Emisividad	0,95
Temperatura máxima (°C)	42.2
Temperatura mínima (°C)	29.2
Distancia de medición (m)	1.34
Temperatura ambiente (°C)	25
Temperatura del componente (°C)	37
Excedente de temperatura componente vs ambiente (°C)	12

Fuente: autor



Figura 69 Termografía de breaker secundario 2 del chiller 2

Fuente: autor

4. DISEÑO

A partir del diagnóstico de calidad de energía y la comprobación termográfica se procede a realizar el rediseño del circuito eléctrico en baja tensión del transformador #1 de la empresa “Sucesores de J. Paredes”, mediante los datos adquiridos por un analizador de red eléctrica y la recopilación de información de los elementos constructivos actuales asociados a la red. La mejora de esta red dará lugar a la entrega de un esquema de alta nivel.

La red se rediseña de acuerdo con los lineamientos establecidos por CONELEC EP, que también incluyen las justificaciones de cada valor computado y una descripción del proceso de desarrollo del proyecto.

4.1. Protecciones primarias

Para ayudar en el mantenimiento de conductores y transformadores, estos dispositivos se instalan en la red principal. Ante esta situación, CNEL EP obliga a los proyectistas a incorporar en sus diseños iniciales de proyecto un seccionador con cámara rompe arco, para lo cual se debe dimensionar la carga y los fusibles que se utilizarán para brindar las protecciones necesarias.

4.1.1. Seccionadores con compartimento rompe arco

Se colocan al principio de cada red de distribución y sirven para proteger la red desconectándola en caso de corriente de cortocircuito. En contraste, el dimensionamiento de la protección para el transformador de 750 KVA se presenta de manera consecuente.

Información de transformador

Potencia = 750kVA

Voltaje de primario = 22800 V

$$I = \frac{P}{V * \sqrt{3}}$$

$$I = \frac{750000}{22800 * \sqrt{3}}$$

$$I = 18.99 A$$

La protección primaria se basa en el valor de corriente calculado de 18.99 amperios, no obstante, CNEL EP estipula en su Anexo 3 referente a las especificaciones técnicas del sistema de control y protecciones que, para este equipo corresponde un elemento de protección 8K de clase K. Por otro lado, las protecciones de baja tensión se refieren a todos los circuitos conectados en la parte del secundario del transformador, es decir en el lado del 220Y/127 V.

4.2. Línea Fava 2200

En el circuito de alimentación de la línea Fava 2200 se conectan 3 cargas, las empacadoras, el banco de capacitores y el Fava 2200. Por consiguiente, para cada una de estas líneas se realiza el dimensionamiento de las protecciones, las cuales se presentan a continuación.

4.2.1. Fava 2200

Esta línea consta de una carga de 280 kW y se conecta a un nivel de voltaje de 220 V con un factor de potencia de 0.96, por lo tanto, la corriente que debe soportar la protección es de 765.42 A, como se presenta a continuación.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * fp} = \frac{280000}{\sqrt{3} * 220 * 0.96} = 765.42 A$$

4.2.2. Banco de capacitores

Esta línea consta de una carga de 180 Kvar y se conecta a un nivel de voltaje de 220 V con un factor de potencia de 0.96, por lo tanto, la corriente que debe soportar la protección es de 492.05 A, como se presenta a continuación.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * fp} = \frac{180000}{\sqrt{3} * 220 * 0.96} = 492.05 \text{ A}$$

4.2.3. Empacadoras 2200

Esta línea consta de dos cargas, de 12.76 kW y 17.19 kW, las cuales se conecta a un nivel de voltaje de 220 V con un factor de potencia de 0.96, por lo tanto, la corriente que debe soportar la protección es de 34.88 A y 46.99 A respectivamente, como se presenta a continuación.

$$I_{c1} = \frac{P_1}{\sqrt{3} * V_1 * fp_1} = \frac{12760}{\sqrt{3} * 220 * 0.96} = 34.88 \text{ A}$$

$$I_{c2} = \frac{P_2}{\sqrt{3} * V_2 * fp_2} = \frac{17190}{\sqrt{3} * 220 * 0.96} = 46.99 \text{ A}$$

4.2.4. Protección principal Fava 2200

Esta línea alimenta a todas las cargas 782.8 kVA y se conecta a un nivel de voltaje de 220 V con un factor de potencia de 0.96, por lo tanto, la corriente que debe soportar la protección es de 2.13 kA, como se presenta a continuación.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * fp} = \frac{782800}{\sqrt{3} * 220 * 0.96} = 2.13 \text{ kA}$$

4.3. Línea Pavan

En el circuito de alimentación de la línea Pavan se conectan 7 cargas, entre las que se incluyen la B600, carga Pavan, B1000, banco de capacitores, Chiller, Chiller 2 y Pavan empacadora. Por consiguiente, para cada una de estas líneas se realiza el dimensionamiento de las protecciones, las cuales se presentan a continuación.

4.3.1. Línea B600

Esta línea consta de una carga de 94 kW y se conecta a un nivel de voltaje de 220 V con un factor de potencia de 0.96, por lo tanto, la corriente que debe soportar la protección es de 256.96 A, como se presenta a continuación.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * fp} = \frac{94000}{\sqrt{3} * 220 * 0.96} = 256.96 A$$

4.3.2. Carga Pavan

Esta línea consta de una carga de 139 kW y se conecta a un nivel de voltaje de 220 V, por lo tanto, la corriente que debe soportar la protección es de 379.97 A, como se presenta a continuación.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * fp} = \frac{139000}{\sqrt{3} * 220 * 0.96} = 379.97 A$$

4.3.3. Línea B1000

Esta línea consta de una carga de 136 kW y se conecta a un nivel de voltaje de 220 V con un factor de potencia de 0.96, por lo tanto, la corriente que debe soportar la protección es de 371.77 A, como se presenta a continuación.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * fp} = \frac{136000}{\sqrt{3} * 220 * 0.96} = 371.77 \text{ A}$$

4.3.4. Banco de capacitores

Esta línea consta de tres cargas, 36 Kvar, 24 Kvar y 22Kvar, las cuales se conecta a un nivel de voltaje de 220 V con un factor de potencia de 0.96, por lo tanto, la corriente que deben soportar las protecciones es de 98.41 A, 65.60 A y 60.14 A respectivamente, como se presenta a continuación.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * fp} = \frac{36000}{\sqrt{3} * 2200 * 0.96} = 98.41 \text{ A}$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * fp} = \frac{24000}{\sqrt{3} * 220 * 0.96} = 65.60 \text{ A}$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * fp} = \frac{22000}{\sqrt{3} * 220 * 0.96} = 60.14 \text{ A}$$

4.3.5. Línea Chiller

Esta línea consta de una carga de 953 W y se conecta a un nivel de voltaje de 220 V con un factor de potencia de 0.96, por lo tanto, la corriente que debe soportar la protección es de 2.60 A, como se presenta a continuación.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * fp} = \frac{953}{\sqrt{3} * 220 * 0.96} = 2.60 \text{ A}$$

4.3.6. Línea Chiller 2

Esta línea consta de una carga de 338 W y se conecta a un nivel de voltaje de 220 V con un factor de potencia de 0.96, por lo tanto, la corriente que debe soportar la protección es de 0.92 A, como se presenta a continuación.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * fp} = \frac{338}{\sqrt{3} * 220 * 0.96} = 0.92 A$$

4.3.7. Empacadora Pavan

Esta línea consta de una carga de 31 kW y se conecta a un nivel de voltaje de 220 V con un factor de potencia de 0.96, por lo tanto, la corriente que debe soportar la protección es de 84.74 A, como se presenta a continuación.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * fp} = \frac{31000}{\sqrt{3} * 220 * 0.96} = 84.74 A$$

4.3.8. Protección principal Pavan

Esta línea alimenta a todas las cargas (400.8 kVA) y se conecta a un nivel de voltaje de 220 V con un factor de potencia de 0.96, por lo tanto, la corriente que debe soportar la protección es de 1.09 kA, como se presenta a continuación.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * fp} = \frac{400800}{\sqrt{3} * 220 * 0.96} = 1.09 kA$$

La Tabla 39, por su parte, muestra un resumen del rediseño del circuito eléctrico de baja tensión del transformador 1 por parte de la empresa Sucesores de J. Paredes, utilizando información obtenida de un analizador de redes eléctricas y los componentes de construcción actuales de la red.

Tabla 39 Resultado del redimensionamiento del circuito del transformador #1

Protección	Corriente
Seccionador tipo fusible	18.99 A
Fava 2200	765.42 A
Banco de capacitores Fava	492.05 A
Empacadoras 2200	34.88 A
	46.99 A
Protección principal Fava	2.13 kA
2200	
Línea B600	256.96 A
Carga Pavan	379.97 A
Línea B1000	371.77 A
	98.41 A
Banco de capacitores	65.60 A
Pavan	60.14 A
Línea Chiller	2.60 A
Línea Chiller 2	0.92 A
Empacadora Pavan	84.74 A
Protección principal Pavan	1.09 kA

Fuente: autor

5. ANÁLISIS

En base al rediseño del circuito del transformador # 1 presentado con anterioridad, se cuantifican los datos de los distintos sistemas creados y se analizan para determinar la eficacia de los diseños. En cada una de las situaciones se examina el comportamiento de los flujos de energía con el fin de precisar el estado del circuito de baja tensión correspondiente al transformador #1.

5.1. Análisis del circuito del transformador #1 sin repotenciación

Para calcular los flujos de energía de circuito de baja tensión asociado al transformador # 1 de la empresa Sucesores se emplea el software ETAP (Figura 70). De esta forma se pretende determinar la existencia de cualquier dispositivo que presente sobrecarga. Es así como, en la Tabla 40 se exponen los flujos de energía, asimismo los dispositivos que presentan sobrecarga se detallan en la Tabla 41.

Tabla 40 Flujos de energía del circuito

Bus		Tensión		Producción		Carga		Flujo de potencia				
ID	kV	%	θ	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF
Bus2	0,22	99,93	-0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	Bus3	-0,68	-0,87	2905,03	61,44
								Bus7	0,37	0,15	1052,54	92,35
								Bus4	0,31	0,72	2055,74	39,54
*Bus3	69,00	100,00	0,00	0,68	0,87	0,00	0,00	Bus2	0,68	0,87	9,26	61,40
Bus4	0,22	99,93	-0,03	0,00	0,00	0,28	0,00	Bus2	-0,31	-0,72	2055,74	39,54
								Bus6	0,00	0,72	1888,20	0,00
								Bus5	0,03	0,00	78,54	100,00
Bus5	0,22	99,93	-0,03	0,00	0,00	0,03	0,00	Bus4	-0,03	0,00	78,54	100,00
Bus6	0,22	99,93	-0,03	0,00	0,00	0,00	0,72	Bus4	0,00	-0,72	1888,20	0,00
Bus7	0,22	99,93	-0,03	0,00	0,00	0,37	0,00	Bus2	-0,37	-0,15	1052,54	92,35
								Bus8	0,00	0,15	403,87	0,00
								Bus9	0,00	0,00	4,27	100,00
Bus8	0,22	99,93	-0,03	0,00	0,00	0,00	0,15	Bus7	0,00	-0,15	403,87	0,00
Bus9	0,22	99,93	-0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	Bus7	0,00	0,00	4,27	100,00

Fuente: autor

Tabla 41 Sobrecarga de dispositivos del circuito

ID	Condición	Limite	Operación (A)	% operación	Tipo de fase
CB11	Con problema	150,000	1888,203	1258,8	Trifásico
CB13	Con problema	100,000	734,301	734,3	Trifásico
CB14	Con problema	500,000	1888,203	377,6	Trifásico
CB17	Con problema	40,000	45,081	112,7	Trifásico
CB20	Con problema	80,000	472,051	590,1	Trifásico
CB21	Con problema	80,000	472,051	590,1	Trifásico
CB23	Con problema	80,000	472,051	590,1	Trifásico
CB25	Con problema	80,000	472,051	590,1	Trifásico
CB3	Con problema	800,000	1052,542	131,6	Trifásico
CB7	Con problema	1600,000	2055,741	128,5	Trifásico
CB9	Con problema	1000,000	2055,741	205,6	Trifásico

Fuente: autor

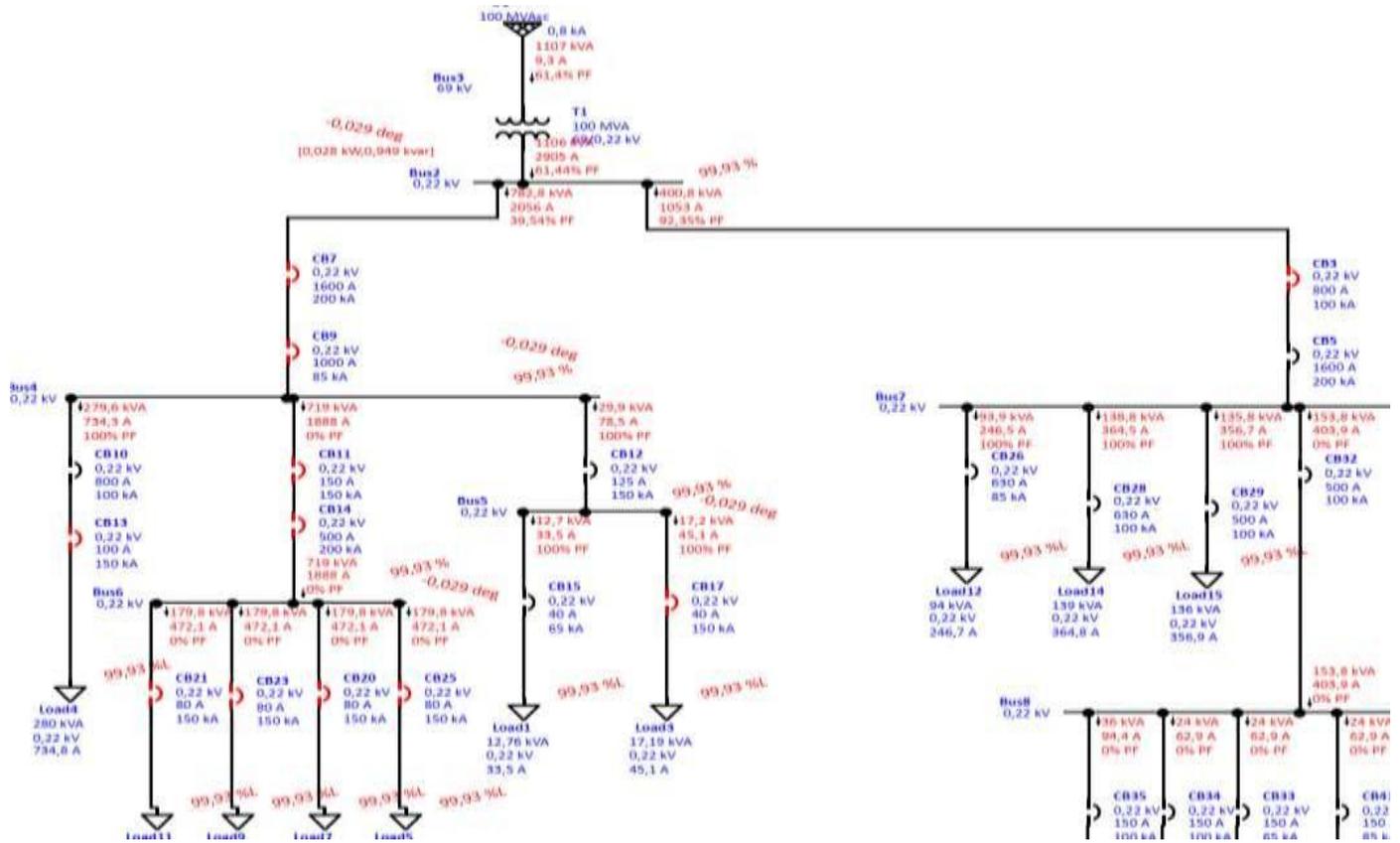


Figura 70 Diagrama unifilar ETAP del circuito baja tensión del transformador #1 de la empresa Sucesores J. Paredes

Fuente: autor

Los flujos de energía asociado al circuito de baja tensión del transformador #1 de la empresa Sucesores J. Paredes indica que las cargas se abastecen en su totalidad, no obstante, existen dispositivos de protección que se encuentran trabajando en un estado de sobrecarga (Tabla 41). En contraste, los equipos con sobrecarga se marcan con rojo (Figura 70) y se trata de las protecciones principales de las líneas Fava 2200, así como todas las protecciones derivadas de la línea Fava 2200. En este sentido, el porcentaje de sobrecarga adopta un rango mínimo de 112% y máximo de 1258%.

5.2. Análisis del circuito del transformador #1 con repotenciación

Una vez realizada la repotenciación del esquema de baja tensión asociado al transformador # 1 de la empresa Sucesores se cuantifica nuevamente los flujos de energía, para lo cual se emplea el software ETAP. En este sentido, se evidencia que los elementos de protección que se encontraban sobrecargados con anterioridad, con la repotenciación funcionan de forma normal.

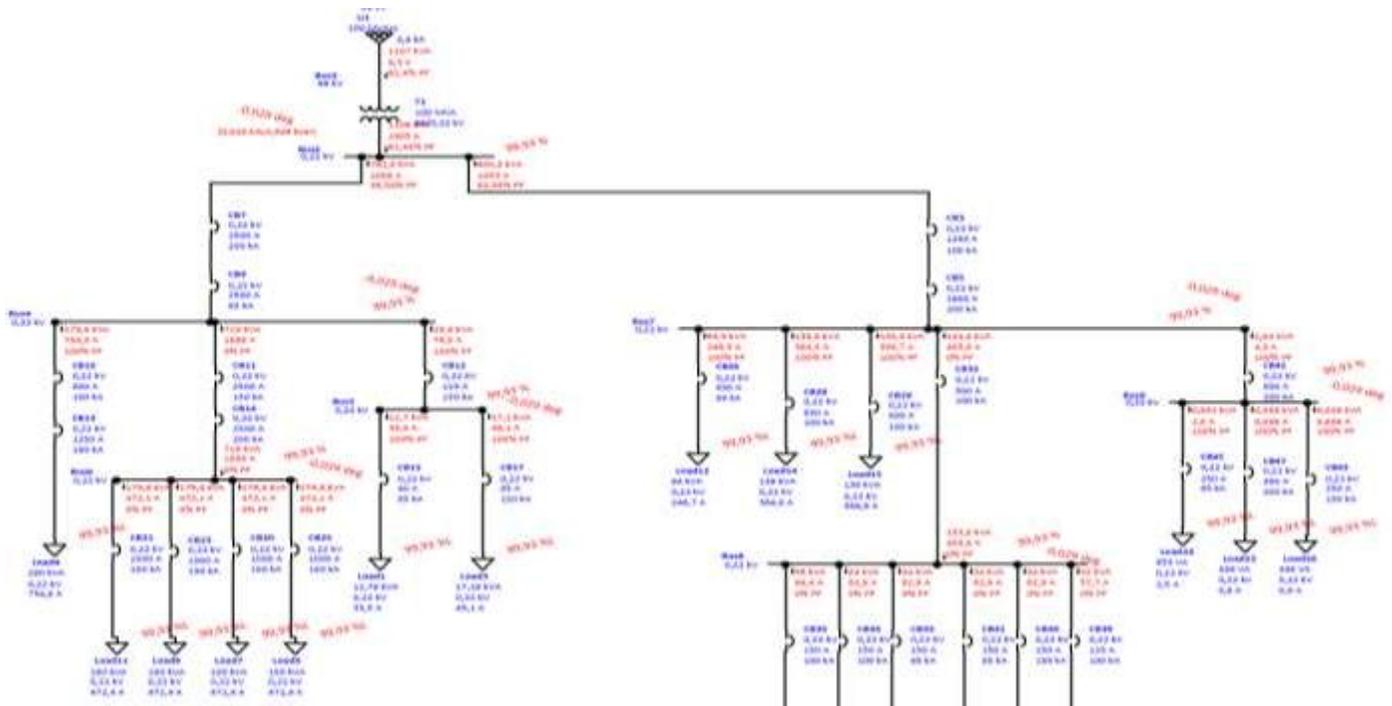


Figura 71 Diagrama unifilar ETAP del circuito trafo #1 pos-repotenciación

Fuente: autor

Posterior a la repotenciación ya no existen dispositivos de protección que se encuentran trabajando en un estado de sobrecarga. Por consiguiente, se puede mencionar que el rediseño de la red de baja tensión proporciona resultados eficientes. Asimismo, el cambio del valor nominal de las protecciones consideradas se presenta en la Tabla 42. Por último, se detallan en la Tabla 43 los problemas encontrados con sus respectivas soluciones que se identificaron a lo largo del estudio.

Tabla 42 Dispositivos reemplazados del circuito

ID	Sin repotenciación	Con repotenciación
CB11	150	2500
CB13	100	1250
CB14	500	2500
CB17	40	85
CB20	80	1000
CB21	80	1000
CB23	80	1000
CB25	80	1000
CB3	800	1250
CB7	1600	2500
CB9	1000	2500

Fuente: autor

Tabla 43 Resumen de problemas encontrados

Elemento	Problemas encontrados	Solución propuesta
Seccionadores de acometida	Existe una posible deficiencia en las conexiones, podrían estar flojas	Realizar mantenimiento preventivo en la próxima parada del equipo
Transformado #1	Posee una deficiencia peligrosa nivel 4.	Realizar pruebas de aislamiento, aceite y disrupción de forma inmediata
Breakers principales de TDP	Posee una probable deficiencia, debido a la existencia de puntos calientes al ingreso y a la salida	Se propone el redimensionamiento del breaker para su cambio inmediato
Breaker principal Fava 2200	Presenta una posible deficiencia nivel 1.	Realizar mantenimiento preventivo en la próxima parada del equipo
Barras de alimentación de Fava 2200	Presenta una posible deficiencia nivel 1.	Realizar mantenimiento preventivo en la próxima parada del equipo

Barras de alimentación de TDP Fava 2200	Posee una deficiencia, debido a la existencia de puntos calientes en las conexiones	Realizar correctivo para ajustar todos los bornes de la barra de alimentación
Breaker principal fava 2200	Describe una deficiencia nivel 3, relacionado con la detección de nodos calientes en la parte trasera del equipo	Se propone el redimensionamiento del breaker para su cambio inmediato
Breaker principal 2 fava 2200	Describe una deficiencia nivel 3	Se propone el redimensionamiento del breaker para su cambio inmediato
Banco de capacitores Fava 2200	Existe una posible deficiencia	Realizar mantenimiento preventivo en la próxima parada del equipo
Breaker principal TDP Fava 2200	Describe una deficiencia peligrosa nivel 4, porque presenta puntos calientes en la zona superficial de la estructura del breaker	Se propone el redimensionamiento del breaker para su cambio inmediato
Banco de capacitores #3	Posee una probable deficiencia, debido a un aumento de temperatura considerable en el dispositivo	Se propone el redimensionamiento del breaker para su cambio inmediato
Breakers secundarios de banco capacitores #3	Existe una probable deficiencia, porque posee un aumento de temperatura	Se propone el redimensionamiento del breaker para su cambio inmediato
Breaker principal empacadora Fava 2200	Describe una posible deficiencia	Realizar mantenimiento preventivo en la próxima parada del equipo
Breaker principal 1 empacadora Fava 2200	Describe una posible deficiencia asociado a un conductor flojo	Realizar mantenimiento preventivo en la próxima parada del equipo
Tablero de transferencia manual	Existe una deficiencia nivel 2, porque existe una elevación importante de temperatura en el dispositivo	Se propone el redimensionamiento del breaker para su cambio inmediato
Breakers secundarios Pavan B1000 B600	Describe una deficiencia nivel 2	Realizar mantenimiento preventivo en la próxima parada del equipo
Breaker de banco de capacitores #1	Existe una deficiencia nivel 2, porque existe una elevación importante de temperatura en el dispositivo	Se propone el redimensionamiento del breaker para su cambio inmediato

Breakeres secundarios de banco de capacitores #1	Existe una deficiencia nivel 3, porque existe una elevación importante de temperatura en el dispositivo	Se propone el redimensionamiento del breaker para su cambio inmediato
Breakers secundarios de chiller 1	Posee una probable deficiencia, debido a que existe una importante elevación de temperatura	Se propone el redimensionamiento del breaker para su cambio inmediato
Breakers secundarios 2 de chiller 2	Posee una probable deficiencia, debido a que existe una importante elevación de temperatura	Se propone el redimensionamiento del breaker para su cambio inmediato

Fuente: autor

6. CONCLUSIONES

Durante las visitas a la empresa Sucesores J. Paredes se obtuvo un buen conocimiento del estado actual del circuito de baja tensión del transformador #1, lo que permitió identificar los problemas persistentes en cada una de sus derivaciones y, posteriormente, realizar el rediseño de este.

En base al análisis de calidad de energía se comprobó que la frecuencia cumple con la normativa vigente ya que presenta un promedio de 60,005 Hz. Asimismo, el factor de potencia promedio es de 0.96, mientras que el THD de voltaje es inferior al 8%. No obstante, el THD de corriente supera el 12%, de manera que no cumple con la normativa vigente. Por otro lado, se evidencia 2 caídas de tensión, la primera se ocasiona por el arranque de un motor, mientras que, la segunda caída se produjo por el mal suministro de energía eléctrica.

El análisis termográfico permite detectar rápidamente puntos calientes, conexiones sueltas y posibles fugas de energía, por consiguiente, es posible definir las acciones de reparación necesarias para mantener la funcionalidad del circuito eléctrico de baja tensión. En este contexto, el transformador #1 necesita acciones correctivas de forma urgente, puesto que presenta un nivel 4 de severidad. Por otro lado, la mayoría de los breakers principales y secundarios necesitan ser reparados en la próxima parada disponible, ya que presentan un nivel 2 de severidad.

El circuito de baja tensión del transformador #1 asociado a la empresa Sucesores J. Paredes posee esencialmente dos tipos de demanda, cargas de potencia activa y cargas de potencia reactiva. En el caso de las cargas de potencia reactiva se asocia a los bancos de capacitores instalados en las líneas Fava 2200 y Pavan respectivamente.

Del estudio de flujos de energía llevado a cabo en el software ETAP se pudo constatar que existen 11 protecciones que se encuentran con una sobrecarga importante. En este sentido, el porcentaje de sobrecarga adoptó un rango mínimo de 112% y máximo de 1258%. Estos dispositivos pertenecen a la línea de producción Fava 2200 y a la protección principal de la línea Pavan. No obstante, al rediseñar el circuito se pudo solventar las sobrecargas de dichas protecciones.

7. RECOMENDACIONES

Establecer un plan de mantenimiento ya sea preventivo, predictivo o correctivo, con la finalidad de evitar las falencias encontradas en el análisis termográfico. De esta forma se puede preservar el tiempo de vida útil de todos los elementos que constituyen el circuito de baja tensión del transformador #1 de la empresa Sucesores J. Paredes.

Es importante actualizar los diagramas unifilares del circuito eléctrico en donde se refleje los cambios de las posibles mejoras que se realice al circuito en mención. De esta manera, se puede tener certeza de todos los elementos presentes en el sistema actual.

Llevar a cabo un estudio de eficiencia energética es importante, ya que mediante este se pueden identificar posibles mejoras en términos de eficiencia que conducen a un consumo de energía optimizado.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Q. J. Andrés, “Diagnóstico del estado de las instalaciones eléctricas del campamento de la fundación nueva vida para la elaboración de una propuesta de modernización y eficiencia energética,” Escuela Politécnica Nacional, 2019.
- [2] J. J. P. Calupiña, “Planeación óptima de flujos de potencia reactiva en sistemas eléctricos de transmisión basado en optimización no lineal entera mixta,” Universidad Politécnica Salesiana, 2019.
- [3] J. L. A. Castañeda, “Diseño de alimentador en media tensión 10 – 22.9 KV y subestación compacta de 160 KVA para la empresa Servicio de Administración Tributaria de Trujillo - SATT,” Universidad César Vallejo, 2019. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/30648>
- [4] J. Peña and G. Suquillo, “Diseño del alimentador primario subterráneo a 13.8 kV desde la S/E cuyabeno hasta la S/E Sansahuari de Petroamazonas E.P.,” Escuela Politécnica Nacional, 2020. [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec>
- [5] A. Kalair, N. Abas, A. R. Kalair, Z. Saleem, and N. Khan, “Review of harmonic analysis, modeling and mitigation techniques,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 78, no. February, pp. 1152–1187, 2017, doi: 10.1016/j.rser.2017.04.121.
- [6] J. Cai and X. Li, “Gear Fault Diagnosis Based on Empirical Mode Decomposition and 1.5 Dimension Spectrum,” *Shock Vib.*, vol. 2016, 2016, doi: 10.1155/2016/5915762.
- [7] D. Calderón, “Diseño eléctrico en baja y media tensión del edificio Kairos,” Universidad Politécnica Salesiana, 2020. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19201>
- [8] N. Bratu Serbán and C. Littlewood, *Instalaciones Electricas, conceptos básicos y diseño*. 1995.
- [9] M. Q. J. Luis, “Análisis del alimentador Viche de la subestación propicia de la CNEL EP Esmeraldas utilizando el programa CYMDIST mediante estudios de flujos de cargas a nivel de 13.8 kV,” 2016.
- [10] G. M. S. Margarita, “Auditoría eléctrica en el hospital de especialidades de las fuerzas armadas N1,” Escuela Politécnica Nacional, 2017.
- [11] D. L. Covarrubias, “Sistemas De Iluminación,” in *Manual Práctico De Iluminación*, 2019, pp. 87–98. doi: 10.2307/j.ctvkrkkpr.11.
- [12] EQQ, “Guía de diseño de redes para distribución,” 2014.
- [13] M. Vukobratović, P. Marić, S. Nikolovski, and H. Glavaš, “Distributed generation harmonic interaction in the active distribution network,” *Teh. Vjesn.*, vol. 25, no. 6, pp. 1720–1730, 2018, doi: 10.17559/TV-20171025123650.
- [14] V. Puliafito, S. Vergura, and M. Carpentieri, “Fourier, wavelet, and Hilbert-Huang transforms for studying electrical users in the time and frequency domain,” *Energies*, vol. 10, no. 1, pp. 10–12, 2017, doi: 10.3390/en10020188.
- [15] J. A. Díaz, *Conductores eléctricos*, vol. 34911. Pro cobre, 2006.

- [16] Elecon, “Conductores eléctricos,” 2012.
- [17] CONELEC, “Regulación 004/01-Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución.” p. 25, 2001. [Online]. Available: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/Regulacion-No.-CONELEC-004-01.pdf>
- [18] EPM, “Puesta a tierra de redes de distribución eléctrica.” pp. 1–14, 2011.
- [19] F. Wang, “Harmonic analysis of electrified railway based on improved HHT,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 1955, no. April, 2018, doi: 10.1063/1.5033756.
- [20] G. A. Mier, “Power Quality Analysis for High Pressure Sodium Lamps in Low Voltage Networks,” Delft University of Technology, 2018.
- [21] P. Li, J. Gao, D. Xu, C. Wang, and X. Yang, “Hilbert-Huang transform with adaptive waveform matching extension and its application in power quality disturbance detection for microgrid,” *J. Mod. Power Syst. Clean Energy*, vol. 4, no. 1, pp. 19–27, 2016, doi: 10.1007/s40565-016-0188-5.